



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA DE BRITAGEM
DE ROCHAS BASÁLTICAS PARA ARGAMASSAS DE
ASSENTAMENTO**

Tiago Foppa dos Santos

Lajeado, novembro de 2017

Tiago Foppa dos Santos

**SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA DE BRITAGEM
DE ROCHAS BASÁLTICAS PARA ARGAMASSAS DE
ASSENTAMENTO**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso Etapa I, do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.º Ivandro da Rosa

Lajeado, novembro de 2017

RESUMO

Devido ao preço elevado da areia natural utilizada na construção civil no município de Guaporé/RS e região, neste trabalho propomos a utilização da areia de britagem de rocha basáltica como alternativa para a substituição deste agregado na produção de argamassa para assentamento, verificando a viabilidade técnica e econômica desta substituição. Após pesquisa bibliográfica, realizou-se a caracterização dos dois agregados e foram produzidas amostras de argamassas sendo feita a substituição gradual da areia natural por areia de britagem em 0, 25, 50, 75 e 100% na composição das amostras. As propriedades apresentadas por todas as argamassas produzidas com suas respectivas substituições atenderam os requisitos exigidos por norma para o uso em assentamento de alvenaria, mostrando-se viável tecnicamente. Verificamos também que a substituição da areia natural por areia de britagem pode reduzir o custo de produção da argamassa de assentamento em até 15%, desta forma constatamos que a substituição entre os agregados é viável economicamente.

Palavras-chave: argamassa, areia de britagem, areia natural, construção civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa situando a Cidade de Guaporé no Estado do Rio Grande do Sul. .	19
Figura 2 – A Formação Serra Geral no Brasil e nos países vizinhos	20
Figura 3 – Dados do consumo de agregados e futuras projeções	27
Figura 4 – Área de extração de basalto para britagem	31
Figura 5 – Britador de mandíbula	32
Figura 6 – Calha receptora do britador de mandíbula	33
Figura 7 – Esteira de saída do britador de mandíbula.....	33
Figura 8 – Esteira que leva o rachão para o britador cônico	34
Figura 9 – Britador cônico	34
Figura 10 – Esteira que transporta material até o britador cônico	35
Figura 11 – Peneiras utilizadas para classificação no processo do britador cônico ..	36
Figura 12 – Utilização do Britador de Impacto.....	36
Figura 13 – Esquema de funcionamento do V.S.I	37
Figura 14 – Alimentação Centralizada do Britador de Impacto	38
Figura 15 – Britador de Impacto, Barmac.....	39
Figura 16 – Vista interna do Britador de Impacto, Barmac.....	39
Figura 17 – Peneira após o processo do Britador de Impacto, Barmac	40
Figura 18 – Esteira transportando produto final para área de armazenamento	40
Figura 19 – Resultado final do processo da areia de britagem	41
Figura 20 – Sequência das peneiras usadas nos ensaios de granulometria de agregados prescritos pelas normas BS e ASTM.....	43
Figura 21 – Britagem localizada em Guaporé-RS.....	54
Figura 22 – Determinação da granulometria por peneiramento	55
Figura 23 – Ensaio com frasco de Chapman	56

Figura 24 – Determinação da massa aparente agregado miúdo.....	57
Figura 25 – Preparação da argamassa com o misturador mecânico	59
Figura 26 – Determinação do índice de consistência	60
Figura 27 – Determinação da densidade massa no estado fresco.....	61
Figura 28 – Determinação da Retenção de água.....	62
Figura 29 – Moldagem dos corpos de prova prismáticos	63
Figura 30 – Determinação do coeficiente de capilaridade.....	64
Figura 31 – Rompimento de corpo de prova para determinar resistência à tração na flexão.....	65
Figura 32 – Rompimento de corpo de prova para determinar resistência à compressão	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixas granulométricas dos agregados miúdos.....	69
Gráfico 2 – Massa específica para cada substituição	70
Gráfico 3 – Massa unitária para cada substituição.....	71
Gráfico 4 – Índice de vazios para cada substituição	72
Gráfico 5 – Densidade da massa no estado fresco.....	74
Gráfico 6 – Retenção de água.....	75
Gráfico 7 – Densidade da massa no estado endurecido	76
Gráfico 8 – Coeficiente de capilaridade.....	77
Gráfico 9 – Resistência da tração na flexão	78
Gráfico 10 – Resistência à compressão.....	79
Gráfico 11 – Custo da argamassa.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistência à compressão	48
Tabela 2 – Densidade de massa aparente no estado endurecido	49
Tabela 3 – Resistência à tração na flexão	49
Tabela 4 – Coeficiente de capilaridade	49
Tabela 5 – Densidade de massa no estado fresco	49
Tabela 6 – Retenção de água	50
Tabela 7 – Tabela de dosagem da argamassa em volume.....	60
Tabela 8 – Preço de materiais de construção no município de Guaporé-RS.....	67
Tabela 9 – Granulometria: modulo de finura e diâmetro máximo do agregado.....	68
Tabela 10 – Massa específica do agregado miúdo	70
Tabela 11 – Massa unitária do agregado miúdo.	71
Tabela 12 – Determinação do índice de vazios.....	72
Tabela 13 – Densidade da massa no estado fresco e sua classificação	74
Tabela 14 – Retenção de água e sua classificação	75
Tabela 15 – Densidade da massa no estado endurecido e sua classificação	76
Tabela 16 – Coeficiente de capilaridade e sua classificação	77
Tabela 17 – Resistencia à tração na flexão.....	78
Tabela 18 – Resistencia à compressão	79
Tabela 19 – Consumo de materiais e custo da argamassa	80
Tabela 20 – Classificação da argamassa.....	84

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Por cento
µm	Micrometro
AB	Areia de britagem
AN	Areia natural
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BS	<i>British Standard</i>
CH	Cal Hidratada
cm	Centímetros
cm ³	Centímetros cúbicos
CP	Cimento Portland
EUA	Estados Unidos da América
g	Gramas
Kg	Quilogramas
LATEC	Laboratório de Tecnologias de Construção
m	Metros

m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NM	Norma Mercosul
s	Segundo
t	Tonelada
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema.....	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivo	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivo específico.....	15
1.4 Metodologia aplicada.....	15
1.5 Estrutura do trabalho	15
 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Histórico	17
2.1.1 Apresentação da região.....	18
2.1.2 Geologia da região	19
2.2 Cimento Portland	21
2.3 Cal hidráulica.....	22
2.4 Cal hidratada.....	22
2.5 Argamassas	23
2.6 Argamassa de assentamento.....	24
2.7 Consumo de Agregados	26
2.7.1 Areia natural.....	28
2.7.1.1 Extração da areia natural.....	29
2.7.2 Areia de britagem	30
2.7.2.1 Extração da areia de britagem	30
2.7.2.2 Britadores utilizados para beneficiamento	31
2.8 Classificação do agregado	41
2.8.1 Caracterização do agregado	41
2.8.2 Granulometria.....	41
2.8.3 Massa específica	44
2.8.4 Massa unitária	44
2.9 Propriedades argamassa no estado fresco e endurecido	44
2.9.1 Trabalhabilidade.....	46
2.9.2 Retenção de água.....	46
2.9.3 Aderência.....	47
2.9.4 Durabilidade.....	47

2.9.5 Capacidade de absorção	47
2.9.6 Resistência mecânica	48
2.9.7 Requisitos	48
2.9.8 Dosagem da argamassa	50
3 MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1 Tipo de pesquisa	51
3.2 Método.....	51
3.3 Procedimentos	52
3.4 Materiais.....	53
3.5 Caracterização dos agregados.....	54
3.5.1 Granulometria do agregado miúdo.....	55
3.5.2 Determinação da massa específica do agregado miúdo	56
3.5.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo	57
3.5.4 Determinação do índice de vazios do agregado miúdo.....	58
3.5.5 Cimento.....	58
3.5.6 Cal Hidráulica	59
3.6 Preparação da Argamassa e dosagem.....	59
3.7 Propriedades da argamassa no estado fresco	61
3.7.1 Densidade da massa no estado fresco	61
3.7.2 Retenção de água.....	61
3.8 Propriedades da argamassa no estado endurecido.....	62
3.8.1 Moldagem de corpos de prova.....	62
3.8.2 Densidade da massa no estado endurecido	63
3.8.3 Coeficiente de capilaridade	63
3.8.4 Resistencia à tração na flexão	64
3.8.5 Resistencia à compressão	65
3.9 Comparativo do custo da argamassa.....	66
4 RESULTADOS.....	68
4.1 Caracterização dos agregados.....	68
4.1.1 Granulometria do agregado miúdo.....	68
4.1.2 Determinação da massa específica do agregado miúdo	70
4.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo	71
4.1.4 Determinação do índice de vazios do agregado miúdo.....	72
4.1.5 Cimento	73
4.1.6 Cal Hidráulica	73
4.2 Propriedades da argamassa no estado fresco e sua classificação.....	73
4.2.1 Densidade da massa no estado fresco	73
4.2.2 Retenção de água.....	74
4.3 Propriedades da argamassa no estado endurecido.....	75
4.3.1 Densidade da massa no estado endurecido	75
4.3.2 Coeficiente de capilaridade	76
4.3.3 Resistencia à tração na flexão	77
4.3.4 Resistencia à compressão	79
4.4 Comparativo do custo da argamassa.....	80
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
5.1 Quanto aos agregados.....	82
5.2 Quanto à argamassa	83
5.3 Quanto à classificação da argamassa e viabilidade técnica	83

5.4 Quanto à viabilidade econômica	84
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICES	90
APÊNDICE A – Ensaio de Resistência à Compressão da argamassa com corpos de prova prismáticos (40mm x 40mm x 160 mm)	91
APÊNDICE B – Ensaio de Resistência à Tração na Flexão da argamassa com corpos de prova prismáticos (40mm x 40mm x 160 mm)	92

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da Civilização, quando a humanidade havia uma comportamento nômade, não possuindo local fixo, deslocavam-se conforme sua necessidade de sobrevivência, onde viviam em cavernas e espaços esculpidos pela própria natureza.

Com a passar do tempo, quando o homem passou a desenvolver atividades como agricultura e criação de animais, houve a necessidade de estabelecer-se em locais fixos, tendo então a necessidade de construir algum local que pudessem abrigar-se, surgindo as primeiras técnicas de construção.

Segundo Valverde (2001), os recursos naturais empregados na construção civil são os insumos minerais mais consumidos no mundo, o Serviço Geológico Americano (USGS – *United States Geological Survey*), de 1900 a 1995, o consumo de recursos naturais na construção civil cresceu de 35% para 65% do total das matérias-primas consumidas nos EUA. Isto repete em países industrializados.

De acordo com Valverde (2001), no Brasil, utiliza-se o termo “agregados para a construção civil” para identificar um segmento do setor mineral que é responsável pela produção da matéria-prima mineral bruta ou beneficiada que são consumidas pela construção civil, são principalmente areia e a pedra britada.

Na última década, no mercado da Construção Civil Brasileira, está ocorrendo uma grande transformação, saindo de uma longo período de recesso, com poucos investimentos no setor, para grandes obras em andamento no último período e grandes investimentos imobiliários, sendo que nestes últimos anos, esta transformação foi intensificada com o retorno de investimentos públicos, criação de

leis sociais, a ascensão econômica classe média brasileira e facilidade ao crédito por parte do governo federal.

1.1 Tema

Estudo da viabilidade técnica e econômica da substituição da areia natural pela areia de britagem de origem basáltica, para uso na produção de argamassa convencional de assentamento para alvenaria de vedação.

1.2 Justificativa

A escolha do tema proposto neste trabalho é para uma área que tenho grande interesse, em adquirir conhecimento técnico e profissional, onde também será uma possível área de atuação, buscando novas tecnologias à serem empregadas no setor da construção Civil, principalmente, canteiros de obras.

Boa parte das edificações, ainda são executadas de forma convencional, consumindo uma quantidade muito grande de recursos naturais, desta forma, sendo de relevante importância a racionalização e o melhor aproveitamento destes recursos, que em boa parte deles, estão se esgotando na natureza.

O custo da areia natural vem aumentando nos últimos anos, devido a um maior controle dos órgãos fiscalizadores na extração da areia natural, afim de diminuir a extração irregular e minimizando o impacto causado pela mesma, fazendo que este processo aumente o custo. Outro fator que causa aumento no custo da areia natural é o transporte, isto ocorre quando o centro de extração fica distante do centro de consumo.

Este trabalho pretende propor a utilização de recursos naturais abundantes na região, mais precisamente na cidade Guaporé, que dispõe em sua Geologia, de uma abundante formação rochosa basáltica, desta forma torna-se viável a extração de

areia através de britagem, prevendo também a utilização de finos resultantes do processo de moagem de rochas na fabricação de brita 01, que são separados e acumulam como resíduo deste processo, evitando seu descarte sendo utilizado na produção de areia de britagem.

De acordo com Lelles et al. (2005), a extração de areia natural no país é feita por aproximadamente duas mil empresas, em sua maior parte, são empresas familiares, onde geram em torno de quarenta e cinco mil empregos diretos. Dentre estas empresas, 60% delas produzem abaixo de 10.000 toneladas por mês, outras 35% produzem entre 10.000 e 25.000 toneladas de areia por mês e 5% destas empresas produzem acima de 25.000 toneladas por mês.

Outro motivador para este estudo é a possível redução da necessidade de extração de areia natural, diminuindo, desta forma, os impactos gerados pelo processo de extração, principalmente em leitos de rios.

Por fim, este trabalho busca uma alternativa viável tecnicamente e economicamente para substituir a areia natural, devido à escassez deste agregado e o seu elevado custo.

1.3 Objetivo

Abaixo seguem os objetivos gerais e específicos que compreendem esta pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

Verificar a viabilidade técnica e viabilidade econômica da substituição da areia natural por areia de britagem em argamassas de assentamento.

1.3.2 Objetivo específico

A pesquisa aborda os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterização física dos agregados utilizados na produção da argamassa;
- b) Avaliação das propriedades da argamassa no estado fresco e no estado endurecido e sua classificação NBR 13281 (ABNT, 2005), viabilizando tecnicamente o seu uso ou não para assentamento de alvenaria.
- c) Comparação do custo de produção da argamassa para as diferentes substituições de areia natural por areia de britagem, para verificação da viabilidade econômica desta substituição para a região;

1.4 Metodologia aplicada

O assunto em questão foi consultado através de livros, artigos publicados, revistas, Normas técnicas especificados na referência bibliográfica.

1.5 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo é apresentada as considerações iniciais, onde consta a abordagem do tema proposto, sendo feito um levantamento de áreas relevantes para o desenvolvimento do trabalho. Encontra-se também a justificativa, objetivo, e metodologia aplicada do tema escolhido.

No segundo capítulo é apresentado estudos sobre a região onde será desenvolvido o trabalho, especificações de normas técnicas na produção de argamassas vigentes que deverão ser seguidas, forma de extração dos recursos naturais abordados, dados econômicos que comprovam a validade deste estudo.

No terceiro capítulo é apresentado a metodologia a ser aplicada, os procedimentos a serem executados e a caracterização dos materiais que serão utilizados nesta pesquisa a fim de obter os resultados da substituição entre a areia natural e de britagem, ensaiando em laboratório os agregados.

No Quarto capítulo é apresentado os resultados dos ensaios executados, através de gráficos e tabelas e suas análises comparativas.

No Quinto Capítulo é apresentado as considerações finais, analisando os objetivos deste estudo e comparando com os resultado alcançados através dos ensaios, efetuando a conclusão do mesmo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico

A argamassa vêm sendo utilizada pelo homem há muito tempo, desde o início das civilizações, onde construíam locais de abrigo, viam a necessidade de terem um teto sobre suas cabeças, para refúgio das intempéries da natureza. A construção de edificações mais planejadas na época, ficaram mais frequentes quando surgiu a agricultura e pecuária, onde já tinha locais fixos à beira de rios, e desta forma, necessitando de uma local para desenvolver as atividades, vivendo por um longo período de tempo.

Segundo Recena (2007), alguns aglomerantes foram surgindo de acordo com a necessidade da utilização de argamassa, conforme aplicação que ela se destinava, sendo a união de blocos em uma alvenaria de materiais com mesma características ou até mesmo com materiais apresentando características diferentes, ou até de outra natureza e a partir de épocas antigas o homem utiliza materiais que possui por finalidade juntar solidariamente componentes de várias naturezas na execução de edificações. À relatos de utilização de um aglomerante natural identificado como um geopolímero tirado de resquícios das usinas de cobre que existiam no Monte Sinai, no Antigo Egito. Este geopolímero era misturado com gesso impuro e calcinado, formando uma teoria que esta mistura entre estes dois aglomerantes, seriam a formação dos imensos blocos de pedras que foram usados para a construção das pirâmides, na prática seriam blocos de argamassa fundidos no local da construção.

Segundo Westphal (2004, apud SILVA, 2006), no primeiro século de nossa colonização, a argamassa começou a ser usada no Brasil, para fins de assentamento de alvenaria de pedra (amplamente executada na época). A cal que usada na argamassa era oriundo do processo de queima de mariscos e conchas. O óleo de baleia, também era usado como aglomerando na preparação da argamassa de assentamento.

2.1.1 Apresentação da região

Este trabalho será desenvolvido, especificamente na cidade de Guaporé, podendo servir de referência para a região, sendo que a Geologia que apresenta nesta cidade, é igualmente vista na região.

Atualmente Guaporé conta com aproximadamente 25 mil habitantes, sendo que os principais setores econômicos destacados são os das semi-jóias e moda íntima.

Segundo Prefeitura Municipal de Guaporé (2017), o município de Guaporé foi fundado em 11 de dezembro de 1903, segundo decreto nº 664. Sua localização é na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (FIGURA 1), situado no Planalto da Serra Geral, com aproximadamente 700 metros de altitude e 478 metros acima do nível do mar.

Figura 1 – Mapa situando a Cidade de Guaporé no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Guaporé (2017, texto digital).

2.1.2 Geologia da região

A região onde está situada a cidade de Guaporé, é uma região de serra, apresenta altas elevações formadas principalmente por rochas basálticas. A sua formação geológica (FIGURA 2) está compreendida na Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral, segundo Teixeira et al. (2009), à 135 milhões de anos, ocorreu um evento de altíssima intensidade, um dos maiores vulcanismo basálticos que é conhecido pela história relativamente recente do planeta, que afetou aproximadamente toda a faixa meridional do continente Americano, compreendendo

os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, também afetou os países: Argentina, Uruguai, Paraguai e também uma porção do continente africano.

De acordo com Teixeira et al. (2000), em alguns lugares, devido ao derrame contínuo, as lavas basálticas apresentam uma espessura com centenas de metros, dados apurados na região central da Bacia do Paraná, onde possui espessura de 1700m de basalto.

Figura 2 – A Formação Serra Geral no Brasil e nos países vizinhos



Fonte: Teixeira et al. (2009, pg. 181).

De acordo com Serna e Rezende (2009), os basaltos são compostos essencialmente de plagioclásio e piroxênios e possuem elevada resistência mecânica. Possui boas características físicas e mecânicas para ser utilizado com pedra britada, porém, apresentam propriedades insatisfatórias em frações mais finas por possuírem fragmentos achatados e angulosos.

2.2 Cimento Portland

O cimento Portland possui várias utilizações em todo o mundo, há muito tempo, no setor da construção civil ele é empregado para a produção de concretos e argamassas utilizados nas mais variadas obras, tanto comuns quanto às especiais.

De acordo com a ABCP (2002), Cimento Portland, como é chamado mundialmente o cimento que é utilizado na construção civil. O cimento Portland é utilizada em construções de casas, barragens, edifícios, entre outros, onde é misturado com água, areia, brita e cal, formando concretos e argamassas. Joseph Aspdin, foi o criador do cimento Portland, no ano de 1824, na ilha de Portland, Inglaterra.

Segundo a NBR 5732 (ABNT, 1991, p. 2) o cimento é:

“Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio”.

Para os autores Neville e Brooks (2013), o cimento Portland é o resultado da mistura entre calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que contenham óxido de ferro. Esses materiais já misturados, são levados à queima à temperatura de clinquerização, sendo o material resultante desse processo, o clínquer moído. Segundo normas britânicas, europeias e americanas são baseadas os princípios que nenhum material, além da gipsita, água e agentes de moagem, deve ser misturado após à queima.

O Clínquer Portland, de acordo NBR 5732 (ABNT, 1991, p. 2):

“...produto constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas”.

Dentre as utilizações do cimento, em específico para este trabalho que será a abordagem em relação à argamassa mista para assentamento de alvenaria, Recena (2007) relata que na argamassa mista, o cimento pode ser considerado um aditivo usado em quantidades variáveis com o propósito de acelerar o tempo de pega da mistura, permitindo acabamento superficial em menor tempo, ou para que apresente

maior resistência à umidade após o produto final, sendo viável a sua utilização em alguns casos.

Para argamassas de assentamento, o cimento proporciona algumas propriedades indispensáveis, para que a alvenaria seja desenvolvida com qualidade, mantendo a prumada e agilidade. Segundo Ishikawa (2003), a principal função do cimento nas argamassas é proporcionar resistência mecânica a compressão simples e também a de dar aderência ao substrato, melhora a sua durabilidade pois proporciona estas propriedades em menor tempo do que a cal hidratada.

2.3 Cal hidráulica

Segundo Sequeira, Frade e Gonçalves (2007), a cal hidráulica é obtida através do cozimento de marga, seguido da sua moagem e adição de sulfato de cálcio, os autores também destacam a aplicação da cal hidráulica como ligante em argamassas tradicionais de elevação de alvenarias, revestimentos e acabamentos, proporcionando maior trabalhabilidade e aumentando o tempo para a utilização desta argamassa.

2.4 Cal hidratada

A utilização do tipo cal hidratada é regulamentada pela NBR 7175 (ABNT, 2003, p. 2), que define cal utilizada em argamassas como:

“...pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio”.

A cal que é empregada na argamassa, como o cimento, é responsável por proporcionar algumas características importantes no processo de assentamento de elementos cerâmicos em uma parede, de acordo com Recena (2007) a cal hidratada tem característica de reter água, sendo assim, resulta em um menor módulo de

deformação nas alvenarias, absorvendo as deformações impostas por cargas atuantes na parede. Nas argamassas para assentamento, a cal apesar de que contribua para a resistência mecânica, é utilizada em função de sua imensa plasticidade e eficiência em reter água, possibilitando a obtenção de uma argamassa com enorme volume de pasta, mas com resistência mecânica extremamente menor do que aquela prevista em argamassas de idêntico volume de pastas produzidas somente com cimento Portland e, portanto com menor módulo de deformação como previsto.

Segundo Ishikawa (2003), no mercado brasileiro existem três tipos de cales, que são classificados de acordo com sua composição química e física, sendo eles diferenciados pelos teores de carbonatos e de óxidos não hidratados, sendo identificados pelas siglas CH I, CH II e CH III de acordo com sua composição química e física. O tamanho do grão oriundo pela moagem da cal hidratada é caracterizado pela finura, quanto menor for o grão da cal hidratada maior o poder aglomerante que a cal hidratada proporciona, influenciando de forma positiva, na trabalhabilidade das argamassas.

2.5 Argamassas

A NBR 13281 (2005, p. 2), determina a argamassa como:

Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Segundo Recena (2007), com o avanço tecnológico de vários setores da indústria, a construção civil no país como um todo, também vem crescendo, tanto na mão-de-obra, com novos equipamentos desenvolvidos para minimizar o desgaste físico do trabalhador e aumentar a eficiência na produção, quanto em relação aos materiais de construção empregados neste setor, como por exemplo, a argamassa industrializada, sendo necessário apenas a adição de água para que o produto esteja

pronto para o uso, mas que mesmo com o avanço da indústria, alguns materiais ainda são produzidos em obra, destacando a produção de argamassas para revestimento e assentamento no próprio canteiro de obras.

As argamassas bastante utilizadas em edificações tem como função principal revestir e assentar elementos que fazem parte da alvenaria, mas Ishikawa (2003) destaca que as argamassas também possuem algumas outras funções além de rejuntamento das juntas e revestimentos em alvenarias, sendo utilizada em revestimento de elementos de estruturas de concreto, tem seu uso como argamassa armada em alvenaria estrutural. Em fundações, utilizam argamassa em estacas raiz e em proteção de taludes em forma de argamassa projetada.

2.6 Argamassa de assentamento

Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, segundo NBR 13281 (ABNT, 2005, p. 2), é: “argamassa indicada para ligação de componentes de vedação (como blocos e tijolos) no assentamento em alvenaria, com função de vedação”.

De acordo Fiorito (2010) a escolha de qual tipo de argamassa de assentamento que deve-se utilizar para determinada função, deve-se considerar vários aspectos, como a norma vigente sobre o assunto, também podemos destacar o tipo de elemento e suas características que será assentado, também passa por uma análise as cargas e esforços atuantes nesta alvenaria que será executada com tal argamassa, podendo ser relacionada com o tipo ou propriedades apresentadas por elementos utilizados na alvenaria, sendo eles, blocos de concreto, tijolo maciço, tijolo furado, entre outros.

Conforme Recena (2007), as argamassas de assentamento, são argamassas utilizadas no assentamento de elementos que compõem a alvenaria. Com função de distribuir com uniformidade as cargas atuantes, absorver as deformações em que as alvenarias estão sujeitas, contribuir para a estanqueidade da parede, além de juntar solidariamente os elementos que compõem a alvenaria, que podem ser argamassas aéreas, que são ricas em cal, como podem ser hidráulicas, que são empregadas em alicerce construído em alvenaria de pedras passível à ação direta da umidade.

A argamassa mais utilizada atualmente no processo de assentamento de alvenarias e no revestimento delas é a argamassa mista de cimento e cal. Conforme Recena(2007), a mistura de cimento Portland com argamassas de cal, produziu um material intermediário entre argamassas de cal e argamassas de cimento, obtendo-se um material com propriedades intermediárias. Na argamassa mista o cimento pode-se considerar um aditivo utilizado em proporções variáveis com o objetivo de acelerar o tempo de pega da mistura.

Os ensaios exigidos para a argamassa de assentamento estão descritos na NBR13281 (ABNT, 2005), sendo eles: resistência a compressão, densidade de massa aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão, coeficiente de capilaridade, densidade da massa no estado fresco, retenção de água e resistência potencial de aderência à tração.

Para este trabalho, o foco principal será desenvolvido em argamassas produzidas em obra, sendo que estas argamassas não possuem um controle de qualidade tão rigoroso no momento de sua produção, pois é produzida de modo empírico, sendo o traço muitas vezes definido pelo próprio mestre de obra. Estas argamassas produzidas em obra são argamassas tradicionais, pois são preparadas no próprio canteiro de obra, sendo constituídas por materiais aglomerantes, água e agregados, sendo que podem conter aditivos ou não, conforme necessidade observada pelo mestre.

Em função da falta de controle de qualidade na produção da argamassa em obras, a NBR 13281 (ABNT, 2005, p. 6), descreve sobre o procedimento de produção argamassa dosada em obra ou central dosadora:

7.2 Argamassa dosada em obra ou em central dosadora

7.2.1 O tamanho do lote deve ser de no máximo 20 t da soma dos materiais em cada tipo de argamassa.

7.2.2 Uma vez estabelecido o tamanho do lote, a amostragem deve ser feita para cada lote.

7.2.3 A amostra deve consistir na quantidade de argamassa preparada com um saco de cimento, quantificando os outros componentes em função do traço escolhido para a aplicação pretendida.

7.2.4 Deve ser reservada igual porção de materiais componentes da argamassa como testemunho para ensaios comprobatórios. Alternativamente, podem ser registradas todas as informações sobre os materiais empregados na preparação da argamassa, incluindo marca, tipo, procedência, lote de fabricação e outras informações, de interesse, que possibilitem a realização de ensaios comprobatórios, se necessários, com os mesmos materiais, dosados na mesma proporção.

7.2.5 As amostras deve ser devidamente identificadas no momento da coleta, antes de seu envio ao laboratório.

7.2.6 Deve ser informado ao laboratório responsável pela realização dos ensaios a composição e o proporcionamento dos materiais da argamassa, a dosagem de água, bem como a forma de mistura utilizada.

2.7 Consumo de Agregados

Segundo Valverde (2001), os recursos naturais empregados na construção civil são os insumos minerais mais consumidos no mundo, o Serviço Geológico Americano (USGS – *United States Geological Survey*), de 1900 a 1995, o consumo de recursos naturais na construção civil cresceu de 35% para 65% do total das matérias-primas consumidas nos EUA. Isto repete em países industrializados.

No entanto, a construção civil no país apresentou queda na produção de agregados nos últimos anos, devido à crise econômica que o Brasil vem enfrentando, de acordo com dados apresentados por ANEPAC (2016a), a construção civil foi um dos setores da indústria que mais sofreram com o quadro econômico do Brasil, no ano de 2016, sendo que o setor representa 66% do Produto Interno Bruto do País.

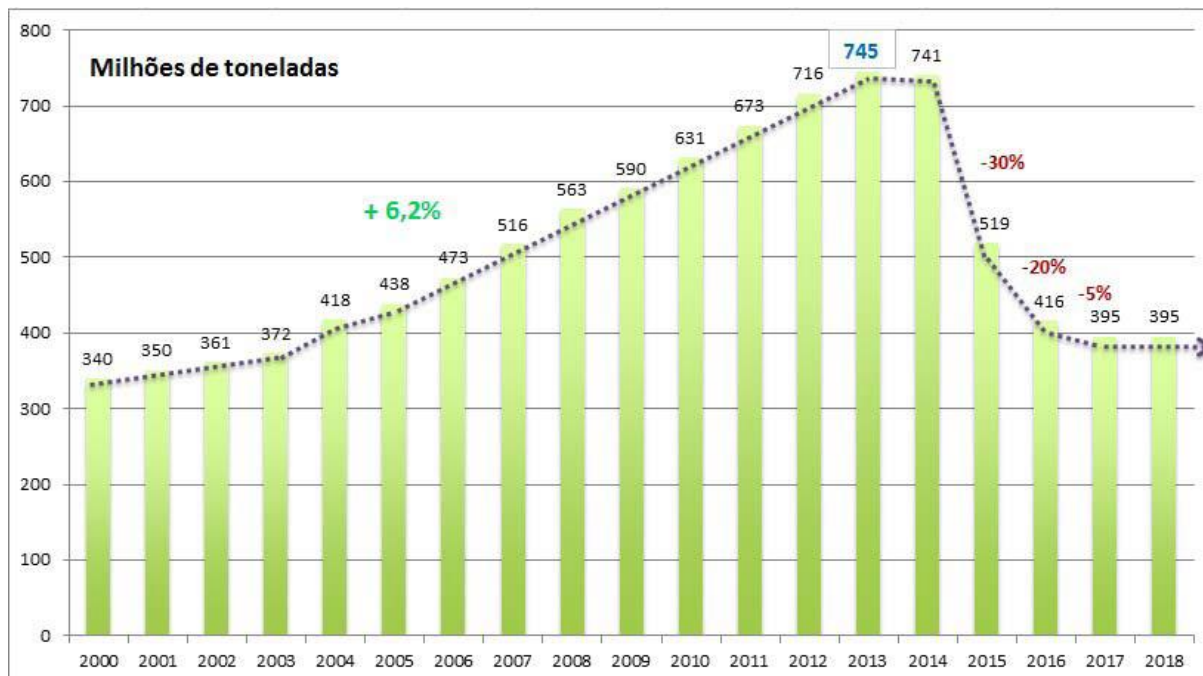
No ano de 2014, o setor da construção civil já começava a sentir os impactos da desaceleração no setor imobiliário e a baixa de investimentos públicos. No ano seguinte, em 2015, segundo a ABRAMAT (2016) o agravamento da crise econômica ocorreu devido à alta inflação e o aumento na taxa de juros.

O consumo de cimento no país, no ano de 2016, acusou uma queda de 11,7% em relação ao ano de 2015, conforme dados da SNIC (2017). Com a baixa no consumo de cimento pela construção civil nos últimos anos, os agregados também registraram baixa em sua produção e venda. No ano de 2013, a brita registrou recorde histórico com a produção de 745 milhões de toneladas, no ano seguinte, em 2014 teve uma queda na produção de 0,5%, no ano de 2015 a baixa na produção foi ainda maior, produzindo 519 milhões de toneladas, sendo uma queda jamais registrada no mercado dos agregados, computando uma queda de 30%.

Analisando os dados (FIGURA 3), em três anos ocorreu uma queda de aproximadamente 44% na produção de agregados, tendo níveis semelhantes aos

anos de 2005/2006, este retrocesso gerou uma queda no faturamento do período em torno de 10 bilhões de reais.

Figura 3 – Dados do consumo de agregados e futuras projeções



Fonte: ANEPAC (2016a, p. 22).

Esta crise na construção civil no país, atinge alguns estados com mais severidade do que outros, de acordo com ANEPAC (2016b), o estado mais atingido pela queda na demanda de agregados, foi o Rio Grande do Sul, contabilizando uma baixa em torno de 50%. A recuperação do mercado dos agregados, de produção com nível aproximado aos anos de 2013 e 2014, onde houve um recorde na demanda no setor, pode levar tempo, e depende de vários fatores.

Conforme Valverde (2016), para o ano de 2016, a expectativa era de uma queda de 5%, mas o setor foi surpreendido por uma queda de 20%, totalizando uma venda de aproximadamente 400 milhões de toneladas. A projeção de recuperação do setor de agregados poderá levar até uma década.

O agregado é fundamental na produção de argamassas e concretos, tanto economicamente quanto técnica, tendo em vista que o agregado custa menos do que o cimento, então é viável colocar mais agregado do que cimento, e pela parte técnica, por exemplo, o agregado atua na de forma positiva na redução da retração e no

aumento da resistência ao desgaste. Nas misturas de argamassas, os agregados ocupam de 60% à 80% da porção total da mistura (ISHIKAWA, 2003).

2.7.1 Areia natural

Pela definição da NBR 9935 (ABNT, 2011, p. 3), areia é:

Agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais. É chamada de areia natural se resultante de ação de agentes da natureza, de areia artificial quando proveniente de processos industriais; de areia reciclada, quando proveniente de processos de reciclagem; e de areia de britagem, quando proveniente do processo de cominuição mecânica de rocha conforme normas específicas.

Conforme Valverde (2016) a areia é um dos agregados mais utilizados no setor da construção civil, seu consumo está dividido em 35% argamassas, 20% para concreteiras, 15% para construtoras, 10% para empresas de pré-fabricados, 10% para comércios varejistas de materiais de construção, 3% para órgãos públicos e 2% para outros.

Outros fatores que devemos considerar em relação à utilização de areia com alto teor de argila na produção de argamassas, conforme relatado por Recena (2007), na década de 80, no estado do Rio Grande do Sul, ocorreu inúmeros problemas devido à utilização de argila em proporção exagerada na produção de argamassa, não raramente aconselhada pelo fabricante, na ambição de tornar o produto economicamente atrativo, criando sérios inconvenientes pelo surgimento de patologias especialmente em revestimentos de paredes.

Segundo Kulaif (2013), o termo areia, no momento que for utilizado para identificar um recurso mineral, é designado à um material granular, com um tamanho definido entre 2mm a 0,6mm, com composição silicática, constituída basicamente por mineral quartzo, sendo utilizado principalmente na indústria da construção civil, na forma de agregado miúdo. Em relação às reservas naturais, a areia natural é provida por processos intempéricos, acompanhados ou não de outros processos do ciclo

rochoso, tais como: transporte e deposição, erosão, que ocorrem de maneira constante, em todo o planeta, sendo um recurso natural abundante.

De acordo com Kulaif (2013) a areia natural é um recurso abundante de forma global, sendo que sua escassez, ocorre apenas localmente ou regionalmente, quando há uma grande demanda por este material, geralmente ocorre em regiões metropolitanas e grandes cidades, estão se tornando cada vez mais comuns. Então quando ocorre a escassez deste recurso, é necessário buscar alternativas para a substituição deste agregado que estão disponíveis em locais próximos ao mercado de consumo.

Conforme Kulaif (2013), todos os estados brasileiros são produtores de areia natural. São Paulo é o estado que possui a maior produção, no ano de 2013, concentrava 23% do total disponível no país, já em 2006 concentrava em torno de 27% do total. O segundo estado do Brasil, em relação à quantidade de areia produzida é Minas Gerais, em seguida está Rio de Janeiro, com 8%, Bahia e Paraná com 6% de produção cada, e Rio Grande do Sul com 5% na produção total do país.

2.7.1.1 Extração da areia natural

A areia pode ser extraída a partir de depósitos em leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alterações de rochas cristalinas. Conforme o tipo de depósito mineral, altera o processo de lavra, podendo ser por desmonte hidráulico, esclerificação ou apenas dragagem. Segundo Valverde (2001), 90% da areia que é extraída no Brasil, é retirada de leito de rios.

Segundo Lelles (2005), aproximadamente 2.000 empresas são responsáveis pela extração de areia no país, a maioria delas, são pequenas empresas familiares, concebendo aproximadamente 45.000 empregos diretos, onde 60% destas empresas produzem menos de 10.000 toneladas por mês, 35% destas empresas, produzem mensalmente entre 10.000 e 25.000 toneladas e 5% destas empresas produzem mais de que 25.000 toneladas por mês de areia.

2.7.2 Areia de britagem

A areia de britagem utilizada na construção civil, é produzida através da moagem de inúmeras rochas, reduzindo pedaços de rocha menores a partir de uma maciço maior, como por exemplo os matacões.

Pela definição da NBR 9935 (ABNT, 2011, p. 3), areia é:

[...] agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais. É chamada de areia natural se resultante de ação de agentes da natureza, de areia artificial quando proveniente de processos industriais; de areia reciclada, quando proveniente de processos de reciclagem; e de areia de britagem, quando proveniente do processo de cominuição mecânica de rocha conforme normas específicas.

De acordo com Teodoro (2013), devido ao aumento no consumo da areia natural na produção de concreto e argamassa, com maior decorrência nos grandes centros, cominando com o elevado custo e escassez deste agregado nestas regiões, faz com que o mercado consumidor busque alternativas viáveis para esta questão.

2.7.2.1 Extração da areia de britagem

A extração dos rochas que serão encaminhadas ao processo de britagem e peneiramento de grandes blocos para dar origem à areia de britagem, é retirado de maciços rochosos de basalto com auxílio de explosivos (FIGURA 4).

Figura 4 – Área de extração de basalto para britagem



Fonte: Do autor (2017).

Na pedreira, são obtidos diversos os produtos: gabião, rachão, brita graduada, brita 2, brita 1, brita 0, pedrisco, e areia de britagem.

2.7.2.2 Britadores utilizados para beneficiamento

A areia britada é obtido através do processo de britagem, sendo um subproduto da brita, possuindo dimensões inferiores a 4,8mm conforme é classificada no processo de peneiramento.

O processo de obtenção da areia britada passa por vários processos, até chegar ao produto final. Estes processos passam por equipamentos chamados de britadores. Na pedreira Mig Britas, localizada em Guaporé, contam com três modelos de britadores onde é feita a moagem da rocha: britador do tipo mandíbula, britador cônico e britador de impacto.

Conforme Lang (2006), após o processo de extração do basalto no maciço rochoso, é encaminhado até o britador de mandíbula (FIGURA 5, 6 e 70), onde a

quebra do material ocorre principalmente pela ação da força de compressão de superfícies de britagem, onde uma é fixa e outra é móvel, realizando movimentos de aproximação entre as superfícies, comprimindo o material. Este tipo de equipamento, é um dos mais utilizados para este processo, pois possuem grande abertura por onde o material passa, comportando pedras de tamanho maior.

Figura 5 – Britador de mandíbula



Fonte: Do autor (2017).

Figura 6 – Calha receptora do britador de mandíbula



Fonte: Do autor (2017).

Figura 7 – Esteira de saída do britador de mandíbula



Fonte: Do autor (2017).

Ao passar o material pelo britador de mandíbula, obtém-se o rachaço, com granulometria entre 125 a 450mm, conforme NBR 7211 (ABNT, 2009).

No processo seguinte, o rachaço é encaminhado para o britador cônico (FIGURAS 8, 9 e 10), o britador cônico a redução de tamanho de granulometria é alcançada principalmente devido à combinação de atrito e compressão em que o material é submetido. O produto gerado por estes britadores é superior aos britadores de mandíbula, apresentando uma melhor granulometria, com aumento na porcentagem dos finos e boa graduação.

Figura 8 – Esteira que leva o rachão para o britador cônico



Fonte: Do autor (2017).

Figura 9 – Britador cônico



Fonte: Do autor (2017).

Figura 10 – Esteira que transporta material até o britador cônico



Fonte: Do autor (2017).

No processo envolvendo o britador cônico, o material é classificado por peneiras, onde é possível separar com a utilização de esteiras (FIGURA 11): brita 2 com granulometria entre 19 à 31,5mm, brita 1 com granulometria entre 9,5 à 25mm, brita 0 com granulometria entre 4,75 à 12,5mm e pedrisco com 150 μ m à 12,5mm, conforme NBR 7211 (ABNT, 2009).

Figura 11 – Peneiras utilizadas para classificação no processo do britador cônico



Fonte: Do autor (2017).

Após o processo anterior, onde é gerado vários tipos de agregados, é feito então o processo final, gerando a areia de brita. Para este processo é utilizado o britador de impacto com eixo vertical.

Segundo Lang (2006), este tipo de britador, dispõem de eixo vertical (FIGURA 12), sendo que utiliza quatro maneiras operacionais de redução de tamanho de grão: impacto, atrito, abrasão e compressão. Ao imitar o processo que ocorre na natureza, pode-se gerar um material bem graduado, extremamente formatado com uma maior textura superficial correspondente ao nível de abrasão.

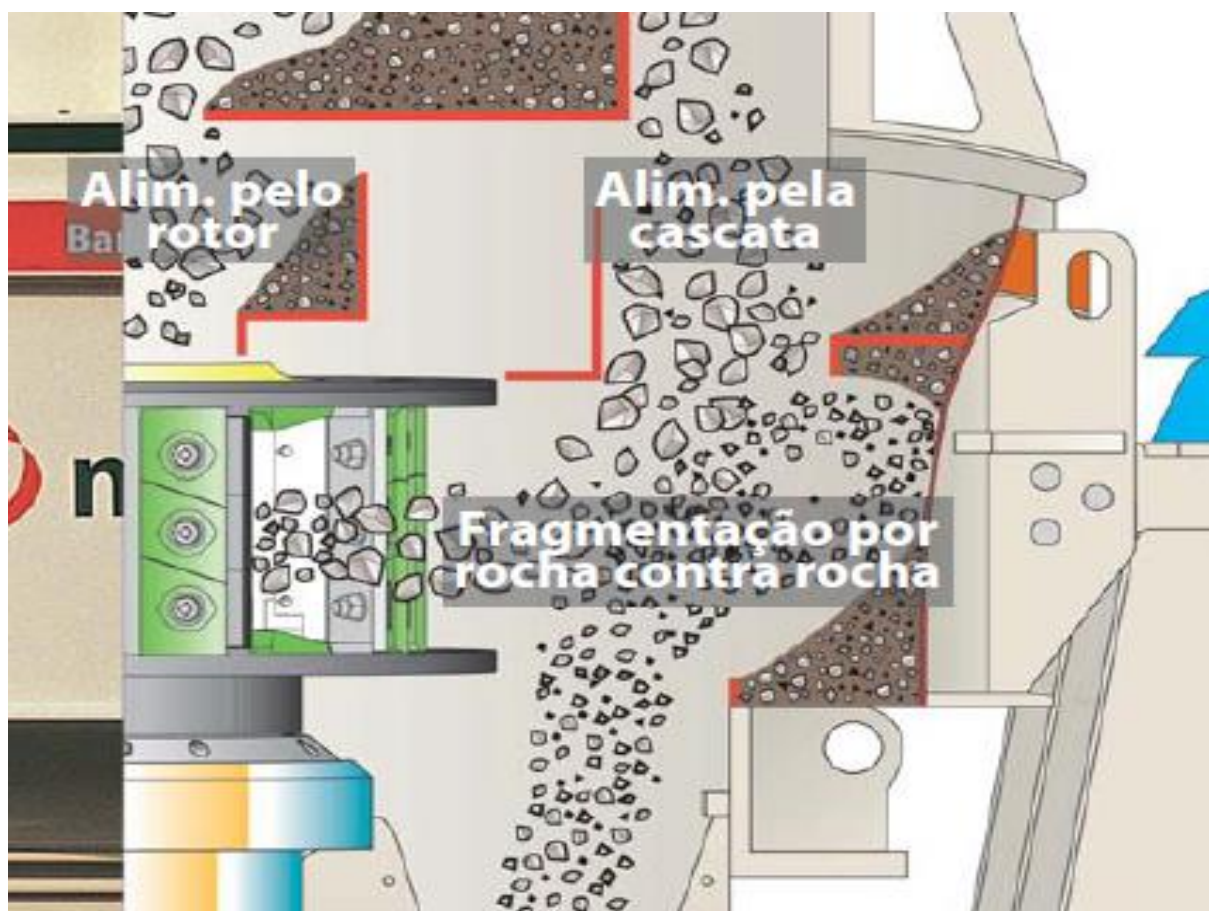
Figura 12 – Utilização do Britador de Impacto



Fonte: Do autor (2017).

Esta máquina possui rotor em um eixo vertical (FIGURA 13) que promove a força centrífuga que resulta no processo de redução das partículas. A alimentação do britador é feita de forma com que o material fique centralizado (FIGURA 14), antes de entrar no rotor, desta forma, o rotor funciona em alta velocidade, arremessando o material para a câmara de britagem.

Figura 13 – Esquema de funcionamento do V.S.I



Fonte: Manual Técnico Barmac Série B, Metso (2011, p. 11).

Figura 14 – Alimentação Centralizada do Britador de Impacto



Fonte: Do autor (2017).

A alimentação deste britador de impacto da marca BARMAC (FIGURA 15) é feita por material com um tamanho de até 37 mm. O material pode sofrer a aceleração com velocidade periférica executada pelo rotor de até 80m/s, antes do mesmo passar para a câmara de britagem.

Segundo Lang (2006), ao percorrer internamente a câmara de britagem, as partículas deste material sofrem colisões umas contra as outras, estas colisões que produzem a redução do tamanho do grão.

Figura 15 – Britador de Impacto, Barmac



Fonte: Do autor (2017).

Figura 16 – Vista interna do Britador de Impacto, Barmac



Fonte: Do autor (2017).

No final do processo, este material é classificado por peneiras (FIGURAS 17, 18 e 19), onde a granulometria para areia de brita, fica na faixa de 150 μ m à 4,75mm, conforme NBR 7211 (ABNT, 2009).

Figura 17 – Peneira após o processo do Britador de Impacto, Barmac



Fonte: Do autor (2017).

Figura 18 – Esteira transportando produto final para área de armazenamento



Fonte: Do autor (2017).

Figura 19 – Resultado final do processo da areia de britagem



Fonte: Do autor (2017).

2.8 Classificação do agregado

2.8.1 Caracterização do agregado

A NBR 7211 (2009, p. 4), define agregado:

Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

2.8.2 Granulometria

O processo granulométrico tem função de determinar a distribuição de tamanho dos grãos presentes em uma amostra. Neville e Brooks (2013), uma série de peneiras

(FIGURA 20) colocadas em ordem decrescente conforme a sua malha, por meio de agitação e vibração, classifica uma porção de agregados seco ao ar, este processo ocorre durante um tempo programado, onde o material que fica retido em cada peneira equivale a fração de agregado maior que a abertura da própria peneira e menor do que a peneira logo acima.

A NBR 7211 (2009, p. 3), define agregado:

3.1 agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

3.2 agregado graúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

Figura 20 – Sequência das peneiras usadas nos ensaios de granulometria de agregados prescritos pelas normas BS e ASTM

Agregado graúdo				
BS		ASTM		BS EN
Abertura	Anterior	Abertura	Anterior	Abertura
–	–	125 mm (5 in.)	5 in.	125 mm (5 in.)
–	–	100 mm (4 in.)	4 in.	–
75 mm (3 in.)	3 in.	75 mm (3 in.)	3 in.	–
63 mm (2.5 in.)	2½ in.	63 mm (2.5 in.)	2½ in.	63 mm (2.5 in.)
50 mm (2 in.)	2 in.	50 mm (2 in.)	2 in.	–
37,5 mm (1.5 in.)	1½ in.	37.5 mm (1.5 in.)	1½ in.	31,5 mm (1.24 in.)
28 mm (1.1 in.)	1 in.	25 mm (1 in.)	1 in.	–
20 mm (0.786 in.)	¾ in.	19 mm (0.75 in.)	¾ in.	–
14 mm (0.51 in.)	½ in.	12,5 mm (0.5 in.)	½ in.	16 mm (0.63 in.)
10 mm (0.393 in.)	⅜ in.	9,5 mm (0.374 in.)	⅜ in.	–
6,3 mm (0.248 in.)	¼ in.	6,3 mm (0.248 in.)	¼ in.	8 mm (0.315 in.)
Agregado miúdo				
BS		ASTM		BS EN
Abertura	Anterior	Abertura	Anterior	Abertura
5 mm (0.197 in.)	⅜ in.	4,75 mm (0.187 in.)	Nº 4	4 mm (0.157 in.)
2,36 mm (0.0937 in.)	Nº 7	2,36 mm (0.0937 in.)	Nº 8	2 mm (0.0787 in.)
1,18 mm (0.0469 in.)	Nº 14	1,18 mm (0.0469 in.)	Nº 16	1 mm (0.0394 in.)
600 µm (0.0234 in.)	Nº 26	600 µm (0.0234 in.)	Nº 30	0,5 mm (0.0197 in.)
300 µm (0.0117 in.)	Nº 52	300 µm (0.0117 in.)	Nº 50	0,25 mm (0.0098 in.)
150 µm (0.0059 in.)	Nº 100	50 µm (0.0059 in.)	Nº 100	0,125 mm (0.0049 in.)
–	–	–	–	0,063 mm (0.0025 in.)

Fonte: Neville e Brooks (2013, p. 61).

2.8.3 Massa específica

A NBR NM 52 (ABNT, 2003, p. 1), define massa específica: "É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis".

A NBR NM 52 (ABNT, 2003, p. 1), define massa específica aparente: "É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis".

Segundo Neville e Brooks (2013), o equipamento chamado de picnômetro de volume conhecido, e pode ser utilizado para realizar o teste da massa específica.

2.8.4 Massa unitária

A NBR NM 45 (ABNT, 2006, p. 1), define massa unitária: "Relação entre a massa do agregado lançado no recipiente de acordo com o estabelecido nesta Norma e o volume desse recipiente."

A NBR NM 45 (ABNT, 2006, p. 2), define o volume de vazios: "Espaço entre grãos de uma massa de agregado".

De acordo com Ishikawa (2003), o ensaio para massa unitária é realizado com agregado no estado seco, convertendo unidade de massa para unidade de volume, tendo em vista que a dosagem de materiais na produção de argamassa é feito em massa.

2.9 Propriedades argamassa no estado fresco e endurecido

As propriedades que devem ser apresentadas pela argamassa no estado fresco são: determinação da consistência, massa específica, retenção de água. Já para o estado endurecido devem apresentar: resistência mecânica, densidade de

massa aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão, resistência da aderência à tração.

Conforme Recena (2007), qualquer material utilizado isoladamente ou constituindo sistemas deve exercer funções definidas em uma edificação, até mesmo garantindo o resultado estética desejado. As argamassas empregadas em assentamento, sendo consideradas como um elemento de um sistema, considerando sua interação com o ambiente e o substrato, deve apresentar as seguintes funções:

- Compartilhar uniformemente os esforços atuantes na alvenaria;
- Juntar solidariamente entre si os elementos que constituem uma alvenaria;
- Assegurar a estanqueidade em alvenarias de elementos à vista (sem a aplicação de revestimento).

De acordo com o autor, para que a argamassa desenvolva às funções citadas acima, é necessário que apresentem as seguintes propriedades:

- Estabilidade química diante dos agentes de deterioração sem ocorrer alterações em seus constituintes retratadas por reações retardadas;
- Trabalhabilidade apropriada à função que é destinada;
- Apresentar durabilidade compatível com a vida útil calculada da edificação onde ela for empregada;
- Eficiência na capacidade de reter água;
- Módulo de elasticidade baixo de tal maneira que a argamassa possa absorver as deformações e tensões internas produzidas pelas movimentações da estrutura e/ou de materiais que à constituem.

2.9.1 Trabalhabilidade

Conforme Recena (2007) a trabalhabilidade é uma das características mais importantes que a argamassa de assentamento deve possuir, pois ela está ligada à forma de desenvolvimento da alvenaria onde ele é aplicada, é importante que a argamassa tenha plasticidade permitindo juntas mínimas em blocos cerâmico apresentando bom acabamento, sendo que as juntas sejam firmes o suficiente para que a execução da parede ocorra de forma ágil e mantendo a prumada.

Rilem (1982, apud ISHIKAWA, 2003), a trabalhabilidade está ligada à várias propriedades da argamassa e é associada à simplicidade no manuseio e em sua aplicação, sendo que a argamassa se torna mais trabalhável quando o módulo de finura for menor. A adição de aglomerantes na argamassa como a cal, torna-a mais trabalhável, porém é necessário verificar se esta adição compromete outras propriedades da argamassa.

2.9.2 Retenção de água

Recena (2007) aponta que a capacidade de reter água, é o processo de liberação de água de forma lenta utilizada na produção de argamassa, a liberação desta água pode ser para o meio ambiente, ou para o bloco cerâmico poroso que constitui a alvenaria. Sendo que esta evaporação de água é proporcional ao volume de água utilizado na mistura, quanto maior capacidade de retenção de água que a argamassa apresentar, a evaporação se torna mais lenta, ocorrendo simultaneamente com o ganho de resistência da argamassa, reduzindo a probabilidade de ocorrências de fissurações e aumentando a aderência ao substrato, evitando o deslocamento de argamassa no elemento da alvenaria.

A utilização da cal em argamassas aumenta a capacidade de retenção de água em argamassas. De acordo com Sabbatini (1986, apud ISHIKAWA, 2003), devido as características físicas da cal, seus cristais possuem alta capacidade de absorção,

podendo chegar à 100% do próprio volume, desta forma, demonstra boa capacidade de reter água.

2.9.3 Aderência

A aderência é a capacidade da argamassa permanecer aderida ao substrato, unindo os elementos que compõem a parede, diante de possíveis movimentações térmicas, impactos, entre outros, para Recena (2007), superfícies lisas apresentam baixa aderência, por outro lado, superfícies porosas apresentam uma boa aderência, visto que a argamassa é projetada, criando como se fosse raízes neste poros, fixando com eficiência a argamassa no substrato.

2.9.4 Durabilidade

A durabilidade da argamassa está diretamente ligada às condições para que foi projetada, e ao meio onde está inserida, mantendo sua estabilidade química e física ao longo de sua vida útil, sem o aparecimento de patologias.

2.9.5 Capacidade de absorção

Segundo Bortoluzzo e Liborlo (1999, apud ISHIKAWA, 2003), as cargas atuantes em uma alvenaria geram deformações que as argamassas devem absorver através do seu módulo de elasticidade, sem que ocorra ruptura. Porém, a quantificação da capacidade de absorvidade de cargas, não é indicado apenas pelo seu módulo de elasticidade, é necessário verificar o comportamento extraído da curva tensão x deformação, analisando a área resultante sobre a curva. Deste modo, o maior módulo de elasticidade, nem sempre definirá uma argamassa com menor capacidade de absorver cargas.

2.9.6 Resistência mecânica

A resistência mecânica apresentada pela argamassa deverá ser compatível com o local de aplicação definido em projeto, sendo um elemento significativo, para avaliar a qualidade, verificando a homogeneidade e controle de dosagem do processo de produção da argamassa, sendo confeccionados corpos de prova para realização ensaios, conforme método da NBR 13279 (ABNT, 2005).

Ishikawa (2003), aponta que o cimento é o aglomerante presente na argamassa responsável por juntar as partículas dos agregados, dando-lhe resistência mecânica, visto que as argamassas compostas por areia e cal, de maneira lenta apresentam baixa resistência mecânica e já as argamassas de cimento Portland em algumas horas apresentam elevada resistência.

2.9.7 Requisitos

A argamassa, tanto para assentamento quanto para revestimento, deve atender requisitos para que possam ser utilizadas na construção civil de forma segura e padronizada.

Para este fim, a NBR 13281 (ABNT, 2005), prevê alguns requisitos que deverão ser atendidos, conforme tabelas abaixo:

Tabela 1 – Resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	$\geq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 3).

Tabela 2 – Densidade de massa aparente no estado endurecido

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido Kg/m ³	Método de ensaio
M1	≤ 1 200	ABNT NBR 13280
M2	1 000 a 1 400	
M3	1 200 a 1 600	
M4	1 400 a 1 800	
M5	1 600 a 2 000	
M6	> 1 800	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 3)

Tabela 3 – Resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão Mpa	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 3).

Tabela 4 – Coeficiente de capilaridade

Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,00	
C6	> 10,0	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 3).

Tabela 5 – Densidade de massa no estado fresco

Classe	Densidade de massa no estado fresco Kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1 400	ABNT NBR 13278
D2	1 200 a 1 600	
D3	1 400 a 1 800	
D4	1 600 a 2 000	
D5	1 800 a 2 200	
D6	> 2 000	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 4).

Tabela 6 – Retenção de água

Classe	Retenção de água %	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

Fonte: NBR 13281 (2005, p. 4)

2.9.8 Dosagem da argamassa

A dosagem de argamassas produzida em obra, quem define o traço geralmente é o mestre de obras, baseado em sua experiência, sem nenhum acompanhamento de um profissional habilitado ou o engenheiro responsável pela obra, desta forma, gerando inúmeras patologias, como fissuras comprometendo a estética, segurança, estanqueidade e o desempenho da edificação. De acordo com Gomes e Neves (2001, apud ISHIKAWA, 2003) os traços de argamassa vem sendo realizados de forma empírica, sendo utilizado desconhecendo a específica função que a argamassa deveria realizar. A argamassa deverá ser produzida de acordo com sua finalidade, e suas propriedades deverão atender as necessidade descritas e projeto, selecionando agregados e a quantidade adequada para cada caso, resultando em uma argamassa de qualidade, que apresente boa trabalhabilidade e durabilidade.

Recena (2007), alerta para orientações de traços de argamassa em função de sua finalidade, mas sem levar em consideração a proporção de materiais conforme a características que cada um apresenta. Deste modo, as argamassas podem apresentar desempenho que não atendam aos requisitos exigidos para aquela finalidade que está sendo aplicada.

Para a definição do traço para este trabalho, foi feito uma pesquisa em construtoras e empresas do ramo que atuam na região, que apontaram o traço 1:2:8 (cimento, cal e areia) como sendo o mais usual no processo de assentamento de alvenaria com tijolos furados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Tipo de pesquisa

Quanto ao modo de abordagem a pesquisa será qualitativa/quantitativa. De acordo com Malhotra (2012), pesquisas realizadas de forma qualitativa são com objetivo de definir a problematização e executar a abordagem, já em pesquisas executadas de forma quantitativa, evidencia de forma mais clara o contexto do problema, considerando a mensuração dos dados. Sendo assim, as pesquisa qualitativas e quantitativas tornam-se complementares.

3.2 Método

A metodologia utilizada no trabalho será hipotético-dedutivo. De acordo Mezzaroba e Monteiro (2014), o método hipotético-dedutivo apresenta características semelhantes, tanto ao método indutivo possuindo o processo experimental como seus fundamentos, quanto aos métodos dedutivos que racionaliza o processo no sentido do geral para o particular.

A escolha na utilização deste método, deve-se ao fato que além de quantificar as dosagens e resultados atingido para as argamassas, torna-se indispensável interpretar os resultados, para um melhor entendimento e possível aplicação.

3.3 Procedimentos

A pesquisa procederá na execução de amostras de mesmo traço 1:2:8 (cimento cal e areia), sendo feita a substituição da areia natural pela areia de britagem. Esta substituição será feita gradualmente, substituindo 0, 25, 50, 75 e 100% da areia natural pela areia de britagem nas amostras, para posterior comparação dos resultados obtidos, e analisando sua viabilidade técnica.

Os materiais utilizados serão encaminhados ao LATEC na Univates, aonde serão realizados os devidos ensaios para caracterização do agregado:

- a) Granulometria do agregado miúdo: Será executado conforme norma NBR NM 248 (ABNT, 2003) – Agregados - Determinação da composição granulométrica.
- b) Determinação da massa específica e massa unitária do agregado miúdo: Será executado conforme no NBR NM 45 (ABNT, 2006) (Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente).

Feito o processo de classificação e adequação dos agregados, será realizada a dosagem com traço definido 1:2:8, produzindo as amostras de argamassas com suas respectivas substituições, seguindo os passos de mistura e consistência descritos na NBR 13276 (ABNT, 2005).

As seguintes propriedades serão analisadas nas amostras, estão descritas pela NBR 13281 (ABNT, 2005). As propriedades analisadas no estado fresco são:

- a) Retenção de água: Será executado conforme norma NBR 13277:2005;
- b) Densidade de massa no estado fresco: Será executado conforme norma NBR 13278:2005;

As propriedades analisadas no estado endurecido são:

- a) Densidade de massa aparente no estado endurecido: Será executado conforme norma NBR 13280 (ABNT, 2005);

- b) Resistência à tração na flexão: Será executado conforme norma NBR 13279 (ABNT, 2005);
- c) Coeficiente de capilaridade: Será executado conforme norma NBR 15259 (ABNT, 2005);
- d) Resistência à compressão: Será executado conforme norma NBR 13279 (ABNT, 2005);

De acordo com resultados obtido nos ensaios realizados, será possível classificar as argamassas conforme consta na NBR 13281 (ABNT, 2005) para cada amostra produzidas com suas respectivas substituições, verificando assim sua viabilidade técnica.

A viabilidade econômica será verificada através da formação do custo de produção de um (01) metro cúbico de argamassa para as diferentes substituições dos agregados. Para a elaboração do custo da argamassa será feita uma pesquisa de preço dos agregados utilizados em lojas e comércios de materiais para construção atuantes no município.

3.4 Materiais

A escolha dos materiais para realização dos ensaios é devido à oferta dos mesmos na região em que o estudo é proposto. A areia de britagem foi fornecida pela empresa que faz o beneficiamento da rocha, localizada no município de Guaporé/RS (FIGURA 21). Esta areia é comercializada pela empresa como areia industrial, sendo que a principal destinação deste areia é a fabricação de concreto usinado.

Figura 21 – Britagem localizada em Guaporé-RS



Fonte: Do autor (2017).

A areia natural foi fornecida pelo LATEC, sendo utilizada uma areia média para a realização dos ensaios. O cimento utilizado nos ensaios também foi fornecido pelo LATEC, sendo do tipo CP IV-32 da marca Itambé. A cal hidráulica utilizada nos ensaios é da marca Dagoberto Barcelos e foi fornecido pelo LATEC.

3.5 Caracterização dos agregados

Os materiais descritos acima, foram encaminhados ao LATEC para que realização dos ensaios para caracterizar os agregados através da granulometria, determinação da massa específica do agregado miúdo, determinação da massa unitária do agregado miúdo e índice de vazios.

3.5.1 Granulometria do agregado miúdo

A verificação da granulometria dos agregados utilizados para os ensaios foi feito pelo método de peneiramento conforme consta na NBR NM 248 (ABNT, 2003) (FIGURA 22). O ensaio foi realizado para cada substituição entre areia natural e areia e britagem em 0, 25, 50, 75 e 100%. Para a realização deste ensaio, a areia natural e areia de britagem foram secas em estufa.

Figura 22 – Determinação da granulometria por peneiramento



Fonte: Do autor (2017).

3.5.2 Determinação da massa específica do agregado miúdo

A determinação da massa específica do agregado miúdo foi através do ensaio onde utilizamos o frasco de Chapman (FIGURA 23) conforme NBR NM 52 (ABNT, 2003). O ensaio foi realizado para cada substituição entre areia natural e areia e britagem em 0, 25, 50, 75 e 100%. Para a realização deste ensaio, a areia natural e areia de britagem foram secas em estufa.

Figura 23 – Ensaio com frasco de Chapman



Fonte: Do autor (2017).

3.5.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo

Para a determinação da massa unitária do agregado miúdo, foram feitos os ensaios conforme (FIGURA 24) NBR NM 45 (ABNT, 2006). O ensaio foi realizado para cada substituição entre areia natural e areia e britagem em 0, 25, 50, 75 e 100%. Para a realização deste ensaio, a areia natural e areia de britagem foram secas em estufa.

Figura 24 – Determinação da massa aparente agregado miúdo



Fonte: Do autor (2017).

3.5.4 Determinação do índice de vazios do agregado miúdo

Para a determinação do índice de vazio para cada amostragem e suas devidas proporções de areia natural e areia de britagem, foi utilizado a formula abaixo:

$$Ev = \frac{100 \times [(d1 \times \rho_w) - \rho_{ap}]}{d1 \times \rho_w} (\%) \quad (1)$$

Onde:

Ev= índice de volume de vazios em porcentagem;

ρ_w = massa específica da água, em kg/m³;

ρ_{ap} = massa unitária média do agregado, em kg/m³.

$d1$ = massa específica relativa do agregado seco em g/cm³;

ρ_w = massa específica da água, em kg/m³;

3.5.5 Cimento

O cimento utilizado na produção das argamassas para este estudo foi o cimento CP IV-32, sendo analisado a massa específica e massa unitária. Para a determinação da massa específica do cimento, o ensaio foi feito conforme NBR NM 23 (ABNT, 2001).

3.5.6 Cal Hidráulica

A cal utilizada na produção das argamassas para este estudo foi o cal hidráulica da marca Dagoberto Barcellos, sendo analisado sua massa específica e massa unitária. Para a determinação da massa específica da cal hidráulica, o ensaio foi feito conforme NBR NM 23 (ABNT, 2001).

3.6 Preparação da Argamassa e dosagem

Após feita a classificação dos agregados que serão utilizados para a produção da argamassa, iniciamos o processo de produção da mesma, sendo que o traço utilizada para a produção é 1:2:8 (cimento, cal hidráulica e areia) definido através de pesquisa feita em construtoras e empresas do ramo da construção civil que atuam no município de Guaporé.

Para preparar a mistura da argamassa para cada amostra foram seguidos os passos que descreve (FIGURA 25) NBR 13276 (ABNT, 2005).

Figura 25 – Preparação da argamassa com o misturador mecânico



Fonte: Do autor (2017).

Foram produzidas cinco amostras de argamassa, sendo que cada amostra é referente à uma substituição de AN por AB, que foi feita de forma gradual em 0, 25, 50, 75 e 100%. Conforme Tabela 11 podemos verificar cada proporção de agregados utilizados para cada dosagem, sendo que a quantidade de água na mistura varia de modo que a argamassa atenda o índice de consistência exigido conforme NBR 13276 (ABNT, 2005) (FIGURA 26).

Tabela 7 – Tabela de dosagem da argamassa em volume

Argamassa	Cimento	Cal hidráulica	Areia Natural	Areia de Britagem	Água	Índice de consistência (mm)
100 % Areia Natural	1	2	8	0	2,75	255,00
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	1	2	6	2	2,82	245,00
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	1	2	4	4	3,15	252,00
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	1	2	2	6	2,6	240,00
100% Areia de Britagem	1	2	0	8	2,8	238,00

Fonte: Do autor (2017).

Figura 26 – Determinação do índice de consistência



Fonte: Do autor (2017).

3.7 Propriedades da argamassa no estado fresco

As propriedades das argamassas no estado fresco que foram avaliadas são a Densidade da massa no estado fresco e Retenção de água.

3.7.1 Densidade da massa no estado fresco

Para a determinação da densidade da massa no estado fresco da argamassa foram feitos os ensaios conforme (FIGURA 27) NBR 13278 (ABNT, 2005).

Figura 27 – Determinação da densidade massa no estado fresco



Fonte: Do autor (2017).

3.7.2 Retenção de água

Para a determinação da Retenção de água da argamassa foi feito o ensaio conforme (FIGURA 28) NBR 13277 (ABNT, 2005).

Figura 28 – Determinação da Retenção de água



Fonte: Do autor (2017).

3.8 Propriedades da argamassa no estado endurecido

As propriedades das argamassas no estado endurecido que foram avaliadas são a Resistência à compressão, Densidade de massa aparente no estado endurecido, Resistência à tração na flexão e Coeficiente de capilaridade, sendo utilizada corpos de prova prismáticos.

3.8.1 Moldagem de corpos de prova

Para a moldagem dos corpos de prova prismáticos com dimensões de 4x4x16cm (FIGURA 29) foi seguido os passos descritos na NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 29 – Moldagem dos corpos de prova prismáticos



Fonte: Do autor (2017).

3.8.2 Densidade da massa no estado endurecido

Para a determinação da densidade da massa no estado endurecido, foram utilizados os corpos de prova prismáticos moldados acima, obtendo a cura dos mesmo em 28 dias idade, sendo feita a pesagem dos corpos de prova conforme que está descrito na NBR 13280 (ABNT, 2005).

3.8.3 Coeficiente de capilaridade

Para a determinação do coeficiente de capilaridade da argamassa foram utilizados os corpos de prova prismáticos moldados acima (FIGURA 30), obtendo a cura dos mesmo em 28 dias idade, sendo executado o ensaio conforme que está descrito na NBR 15259 (ABNT, 2005).

Figura 30 – Determinação do coeficiente de capilaridade



Fonte: Do autor (2017).

3.8.4 Resistencia à tração na flexão

Para a determinação da Resistencia à tração na Flexão, foram utilizados os corpos de prova prismáticos moldados acima (FIGURA 31), obtendo a cura dos mesmo em 28 dias idade, sendo que o rompimento dos corpos de prova foi feito conforme está descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 31 – Rompimento de corpo de prova para determinar resistência à tração na flexão



Fonte: Do autor (2017).

3.8.5 Resistência à compressão

Para a determinação da Resistência à Compressão, foram utilizados os corpos de prova prismáticos moldados acima (FIGURA 32), obtendo a cura dos mesmos em 28 dias idade, sendo que o rompimento dos corpos de prova foi feito conforme está descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 32 – Rompimento de corpo de prova para determinar resistência à compressão



Fonte: Do autor (2017).

3.9 Comparativo do custo da argamassa

De acordo com o traço utilizado de 1:2:8 na produção das amostras de argamassa e suas respectivas substituições de areia natural por areia de britagem em 0, 25, 50, 75 e 100%, sendo que o traço utiliza medidas em volume, podemos quantificar cada material para a produção de um metro cúbico de argamassa, necessitando converter o cimento e a cal hidráulica, pois são comercializados por kg. Esta conversão para o cimento e a cal hidráulica foi feito através da formula abaixo:

$$V = m/\rho_{ap}$$

(2)

Onde:

V = Volume do agregado (m^3);

m = Massa de agregado utilizado na amostra (kg);

ρ_a = Massa unitária do agregado (kg/m^3).

Os valores referente à cada material utilizado na produção da argamassa são os praticados por comércios que atuam no município Guaporé-RS, conforme Tabela 12:

Tabela 8 – Preço de materiais de construção no município de Guaporé-RS

Produto	Unidade	Valor unit.
Cimento CP IV-32	Sacos (50 kg)	30,00
Cal hidráulica	Sacos (20 kg)	11,00
Areia média	m^3	120,00
Areia de Britagem	m^3	67,00

Fonte: Do autor (2017).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização dos agregados

4.1.1 Granulometria do agregado miúdo

Com os ensaios realizados verificamos o módulo de finura e o diâmetro máximo do agregado e de acordo com a Tabela 7 notamos que conforme aumenta a percentagem da areia de britagem nos ensaios o módulo de finura sofre um aumento constante, notamos também que assim que a areia de britagem foi introduzida na primeira mistura em 75% de areia natural e 25% de areia de britagem, o diâmetro máximo do agregado aumentou de 2,36 para 4,75 e para as outras misturas se manteve com o mesmo diâmetro.

Tabela 9 – Granulometria: modulo de finura e diâmetro máximo do agregado

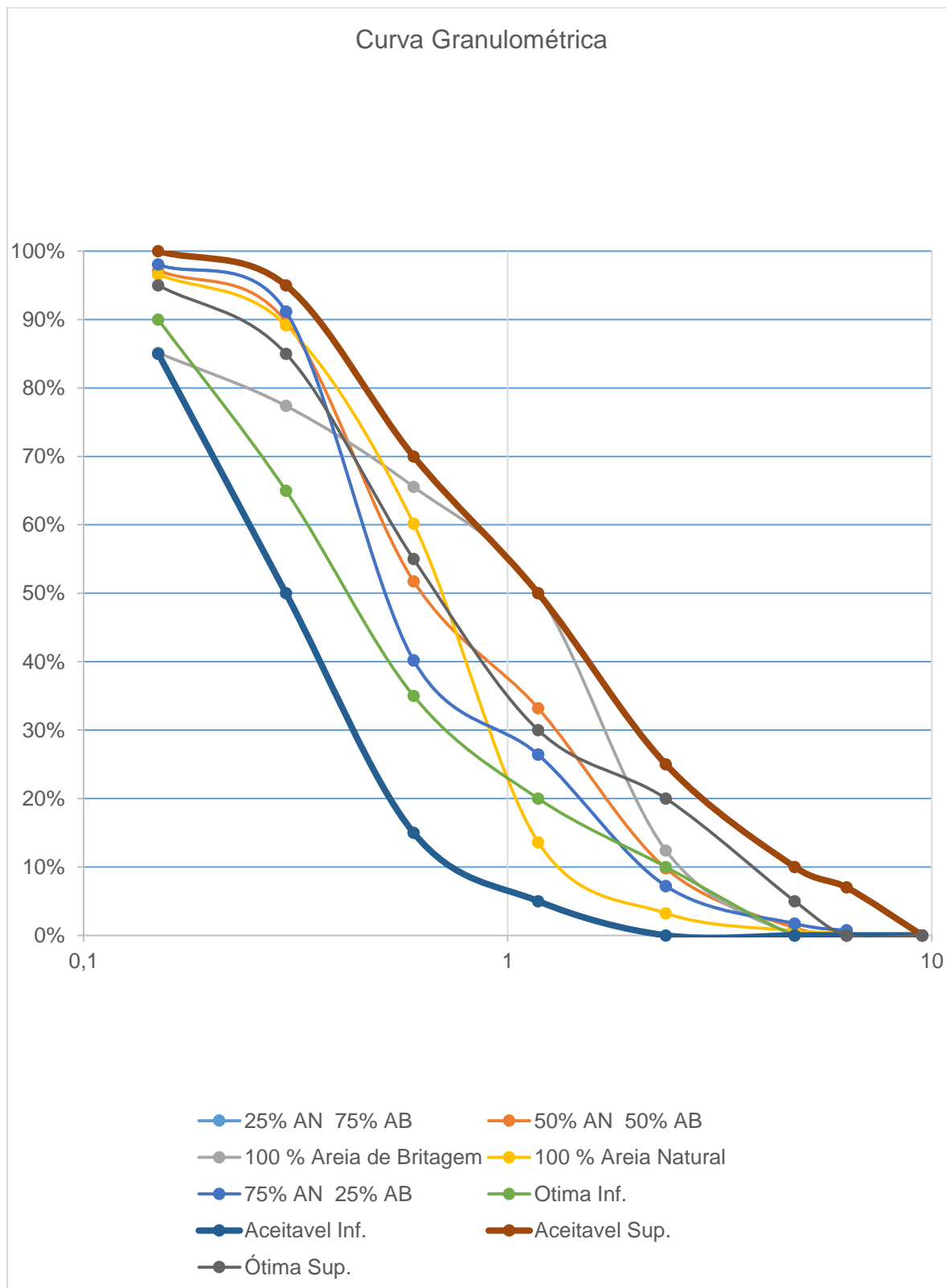
Amostragem	Módulo de finura	Diâmetro Máximo do agregado
100 % Areia Natural	2,63	2,36
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	2,65	4,75
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	2,83	4,75
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	2,95	4,75
100% Areia de Britagem	2,93	4,75

Fonte: Do autor (2017).

O Gráfico 1 demonstra as faixas granulométricas e suas evoluções para cada substituição com suas respectivas proporções de areia natural e areia de britagem,

observamos também que todas as amostras ensaiadas ficam dentro do limite estipulado pela NBR 7211 (ABNT, 2005), sendo classificadas como areia média.

Gráfico 1 – Faixas granulométricas dos agregados miúdos



Fonte: Do autor (2017).

4.1.2 Determinação da massa específica do agregado miúdo

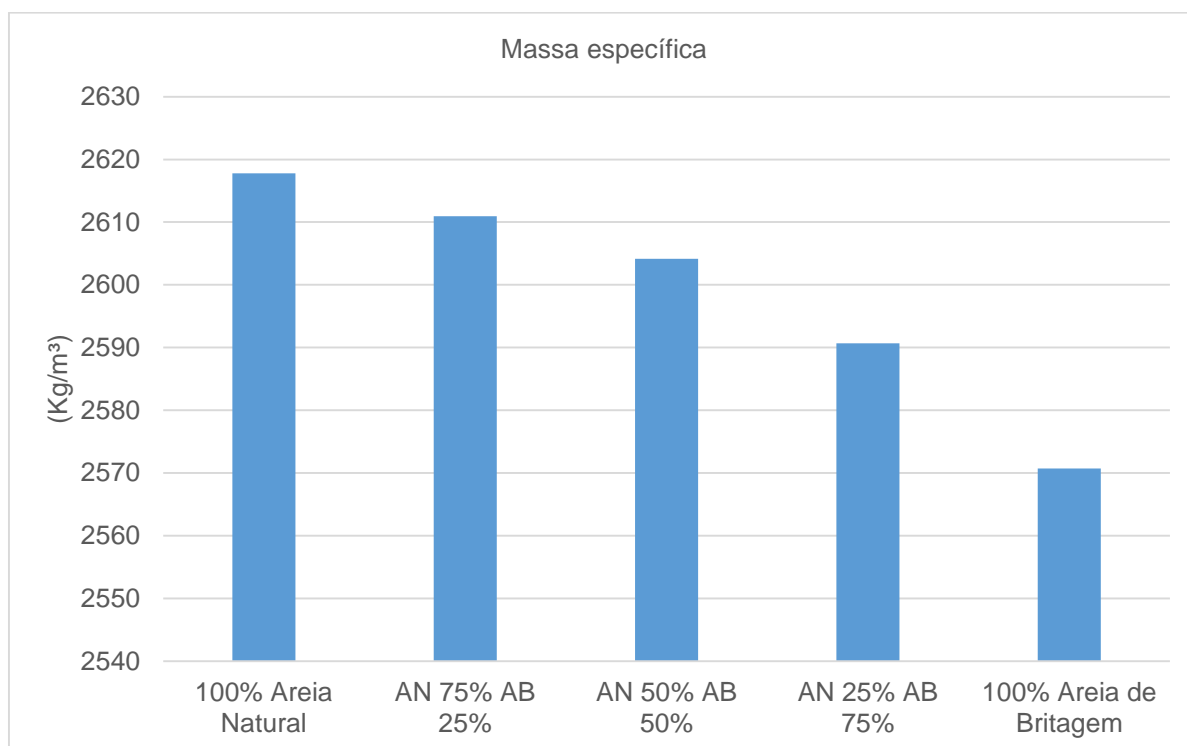
Com os ensaios realizados podemos observar na Tabela 8 e Gráfico 2 que conforme que aumenta a porcentagem de areia de britagem nas misturas a sua massa específica diminui.

Tabela 10 – Massa específica do agregado miúdo

Amostragem	Massa específica (Kg/m ³)
100 % Areia Natural	2.617,80
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	2.610,96
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	2.604,16
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	2.590,67
100% Areia de Britagem	2.570,69

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 2 – Massa específica para cada substituição



Fonte: Do autor (2017).

A massa específica da água para os ensaios ficou estipulada em 1.000,00 Kg/m³.

4.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo

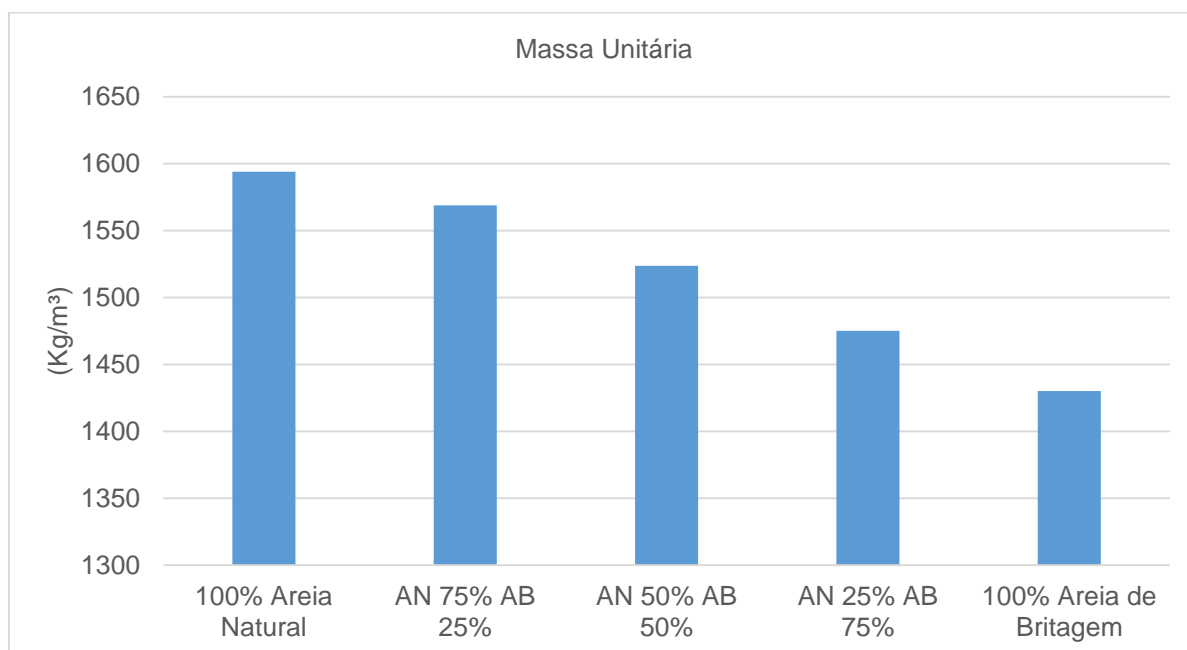
Os resultados obtidos com a realização dos ensaios, podemos observar na Tabela 9 e Gráfico 3 que conforme a porcentagem de areia de britagem aumenta na mistura, a sua massa aparente diminui.

Tabela 11 – Massa unitária do agregado miúdo.

Amostragem	Massa específica (Kg/m ³)
100 % Areia Natural	1.594,00
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	1.568,85
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	1.523,63
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	1.474,95
100% Areia de Britagem	1.430,00

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 3 – Massa unitária para cada substituição



Fonte: Do autor (2017).

4.1.4 Determinação do índice de vazios do agregado miúdo

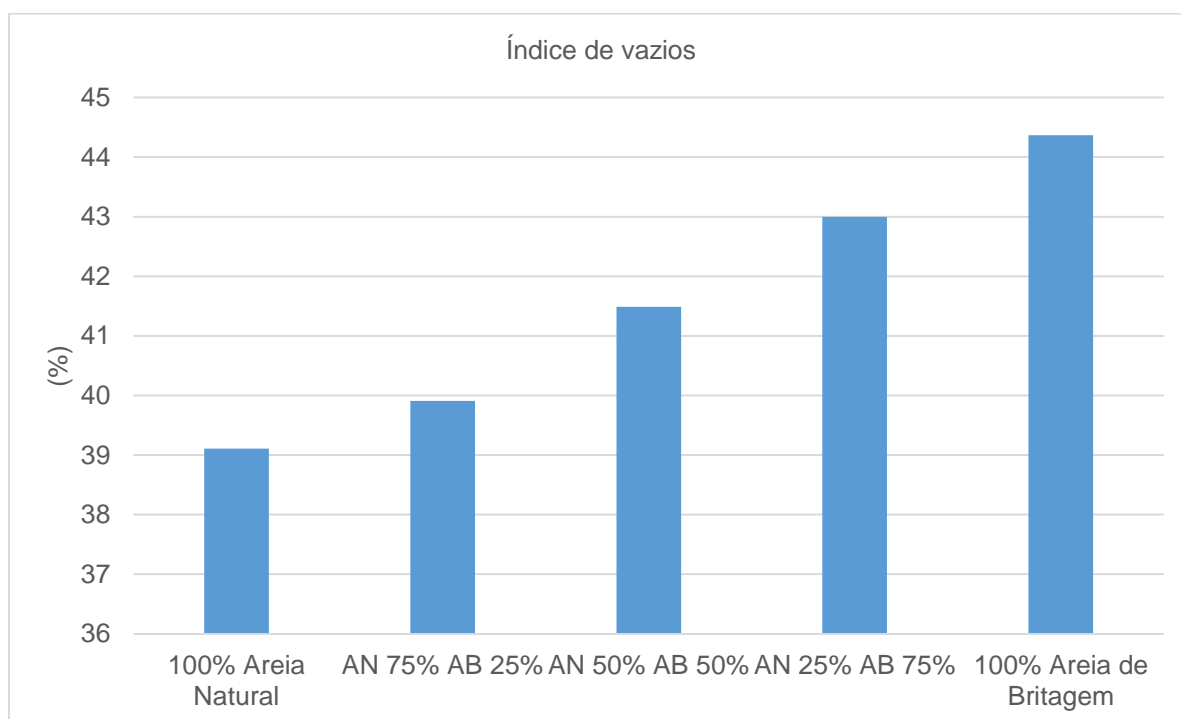
Na Tabela 10, podemos verificar os resultados calculados para a determinação dos índices de vazios de cada amostragem:

Tabela 12 – Determinação do índice de vazios

Amostragem	Índice de vazios (%)
100 % Areia Natural	39,11
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	39,91
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	41,49
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	43,00
100% Areia de Britagem	44,37

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 4 – Índice de vazios para cada substituição



Fonte: Do autor (2017).

Podemos observar na Tabela 10 e Gráfico 4 que conforme a porcentagem de areia de britagem aumenta na mistura, o índice de vazios também aumenta.

4.1.5 Cimento

. Para a determinação da massa específica do cimento, o ensaio foi feito conforme NBR NM 23 (ABNT, 2001), obtendo-se um valor 2.820,00 Kg/m³. A massa unitária do cimento foi determinada conforme NBR NM 45 (ABNT, 2006), obtendo-se um valor de 1110,00 Kg/m³.

4.1.6 Cal Hidráulica

Para a determinação da massa específica da cal hidráulica, o ensaio foi feito conforme NBR NM 23 (ABNT, 2001), obtendo-se um valor 2.023,00 Kg/m³. A massa unitária da cal hidráulica foi determinada conforme NBR NM 45 (ABNT, 2006), obtendo-se um valor de 621,00 Kg/m³.

4.2 Propriedades da argamassa no estado fresco e sua classificação.

4.2.1 Densidade da massa no estado fresco

Podemos observar na Tabela 13 e Gráfico 5 que a densidade da massa possui uma pequena variação comportando-se de maneira não uniforme para cada argamassa e sua respectiva substituição de agregados, apresentando os valores mais baixos onde não possuem misturas entre AN e AB, argamassa produzida apenas por AN ou por AB. A classificação da argamassa em relação à sua densidade no estado fresco é feita conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), sendo que apresenta a mesma classificação para todas as argamassas produzidas.

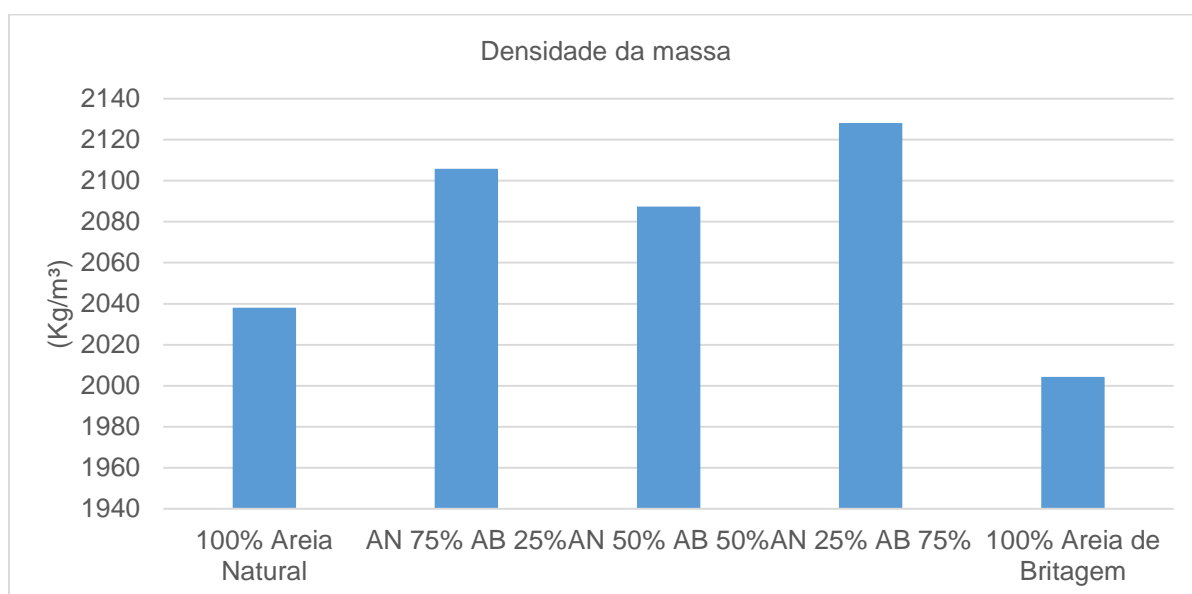
Os resultados obtidos com base no ensaio descrito acima, podem ser observados na Tabela 13:

Tabela 13 – Densidade da massa no estado fresco e sua classificação

Argamassa	Densidade da massa (Kg/m ³)	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	2.038,10	D5
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	2.105,83	D5
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	2.087,45	D5
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	2.128,03	D5
100% Areia de Britagem	2.004,37	D5

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 5 – Densidade da massa no estado fresco



Fonte: Do autor (2017).

4.2.2 Retenção de água

Podemos observar na Tabela 14 e Gráfico 6 que a Retenção de Água varia conforme é feita a substituição da areia natural pela areia de britagem, sendo que atinge o maior valor na argamassa que possui 50% de cada agregado. Em relação à classificação conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), podemos observar que as amostras onde não possuem misturas, são produzidas apenas com areia natural ou com areia de britagem são classificados como U3, demonstrando que apresentaram menor

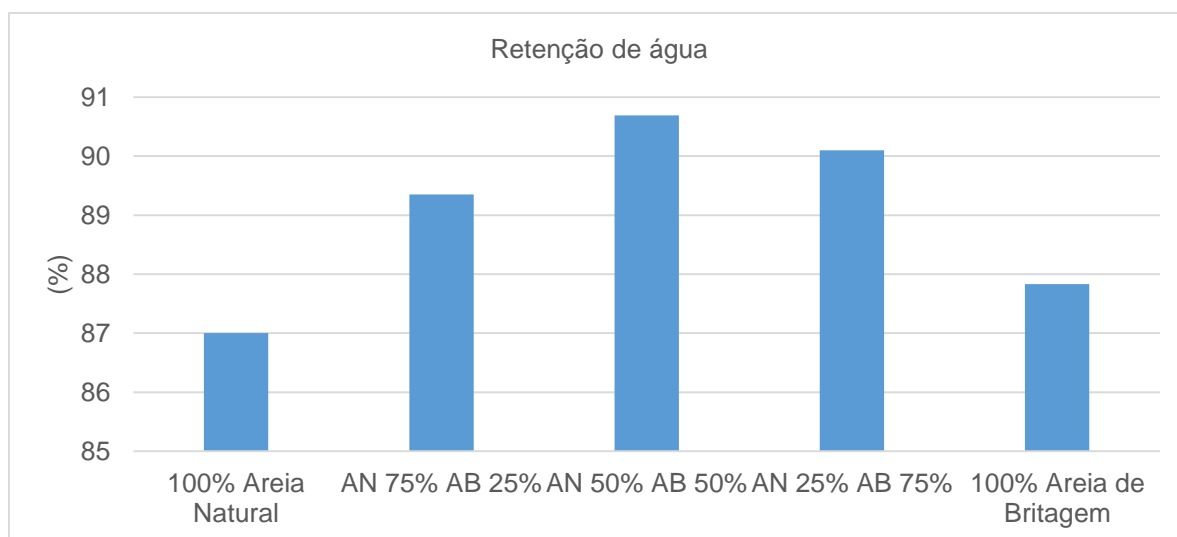
capacidade de retenção de água, já as amostras que houve mistura entre os dois agregados, apresentou maior capacidade de retenção de água.

Tabela 14 – Retenção de água e sua classificação

Argamassa	Retenção de água (%)	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	87,00	U3
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	89,35	U4
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	90,69	U4
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	90,10	U4
100% Areia de Britagem	87,83	U3

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 6 – Retenção de água



Fonte: Do autor (2017).

4.3 Propriedades da argamassa no estado endurecido

4.3.1 Densidade da massa no estado endurecido

Podemos observar na Tabela 15 e Gráfico 7 que a Densidade da Massa varia conforme é feita a substituição da areia natural pela areia de britagem, variação que se comporta de maneira não uniforme para cada argamassa e sua respectiva

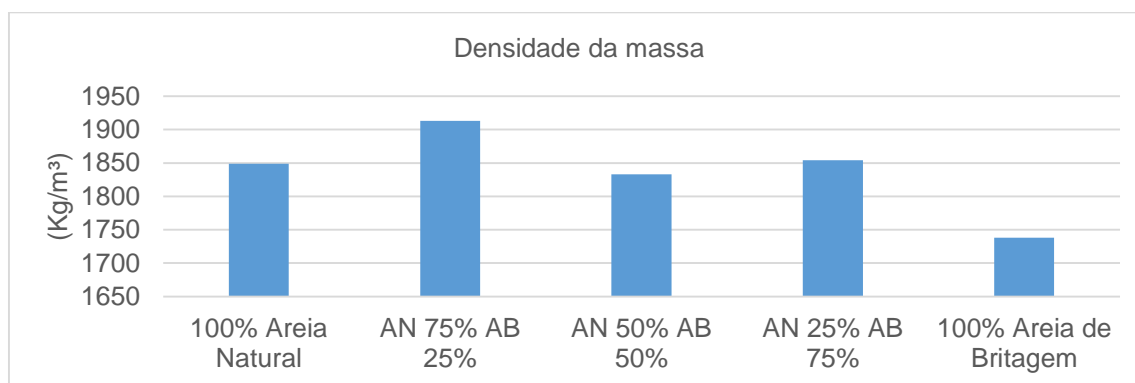
substituição de agregados. Em relação à classificação conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), podemos observar que todas as argamassas produzidas com suas respectivas substituições de agregados ficaram na faixa de classificação M5.

Tabela 15 – Densidade da massa no estado endurecido e sua classificação

Argamassa	Densidade da massa (Kg/m³)	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	1849,00	M5
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	1.913,00	M5
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	1.833,00	M5
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	1.854,00	M5
100% Areia de Britagem	1.738,00	M5

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 7 – Densidade da massa no estado endurecido



Fonte: Do autor (2017).

4.3.2 Coeficiente de capilaridade

Podemos observar na Tabela 16 e Gráfico 8 que o Coeficiente de capilaridade varia conforme é feita a substituição da areia natural pela areia de britagem, a variação se comporta de maneira decrescente, pois quanto mais aumenta a porcentagem de AB na argamassa o coeficiente de capilaridade diminui, desta forma notamos que a argamassa que apresenta maior estanqueidade é composta por 25% AN e 75 % AB. Em relação à classificação conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), podemos observar que todas as argamassas produzidas com suas respectivas substituições de

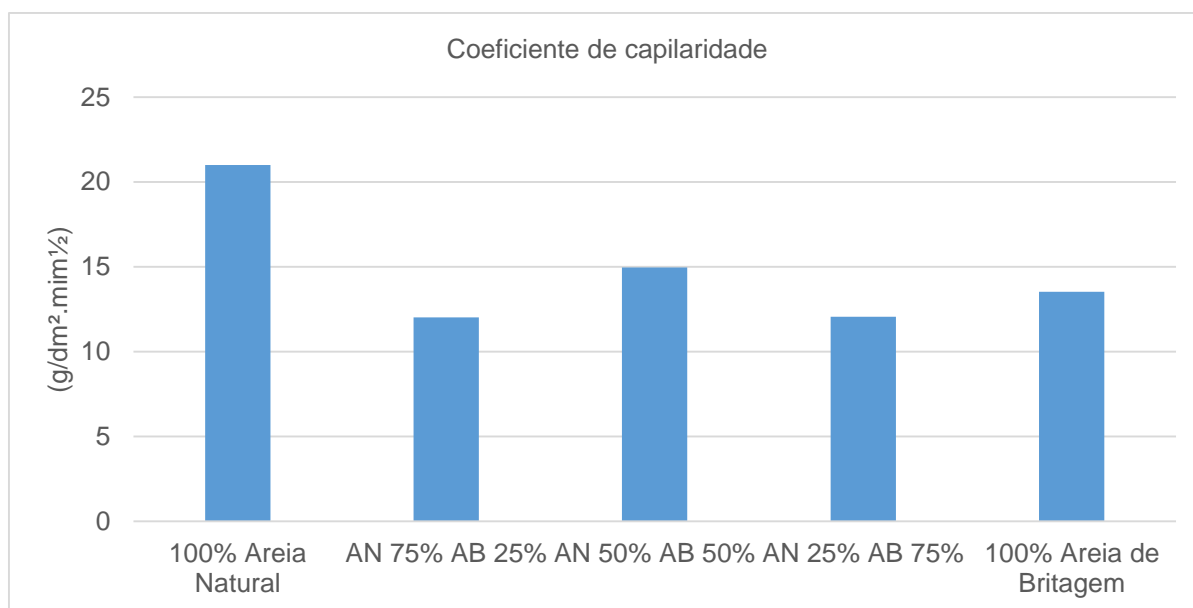
agregados ficaram na faixa de classificação C1, correspondendo a faixa superior deste requisito.

Tabela 16 – Coeficiente de capilaridade e sua classificação

Argamassa	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .mm ^{1/2})	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	0,21	C1
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	0,12	C1
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	0,15	C1
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	0,12	C1
100% Areia de Britagem	0,13	C1

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 8 – Coeficiente de capilaridade



Fonte: Do autor (2017).

4.3.3 Resistência à tração na flexão

O Gráfico 9 demonstra a variação da Resistência à tração na flexão para as diferentes argamassas com suas respectivas proporções de areia natural e areia de britagem, sendo que atinge o maior valor de resistência na argamassa que possui 25% de areia natural e 75% de areia de britagem. Em relação à classificação conforme

NBR 13281 (ABNT, 2005), podemos observar que todas as argamassas produzidas com suas respectivas substituições de agregados ficaram na faixa de classificação R1, correspondendo a faixa inferior deste requisito.

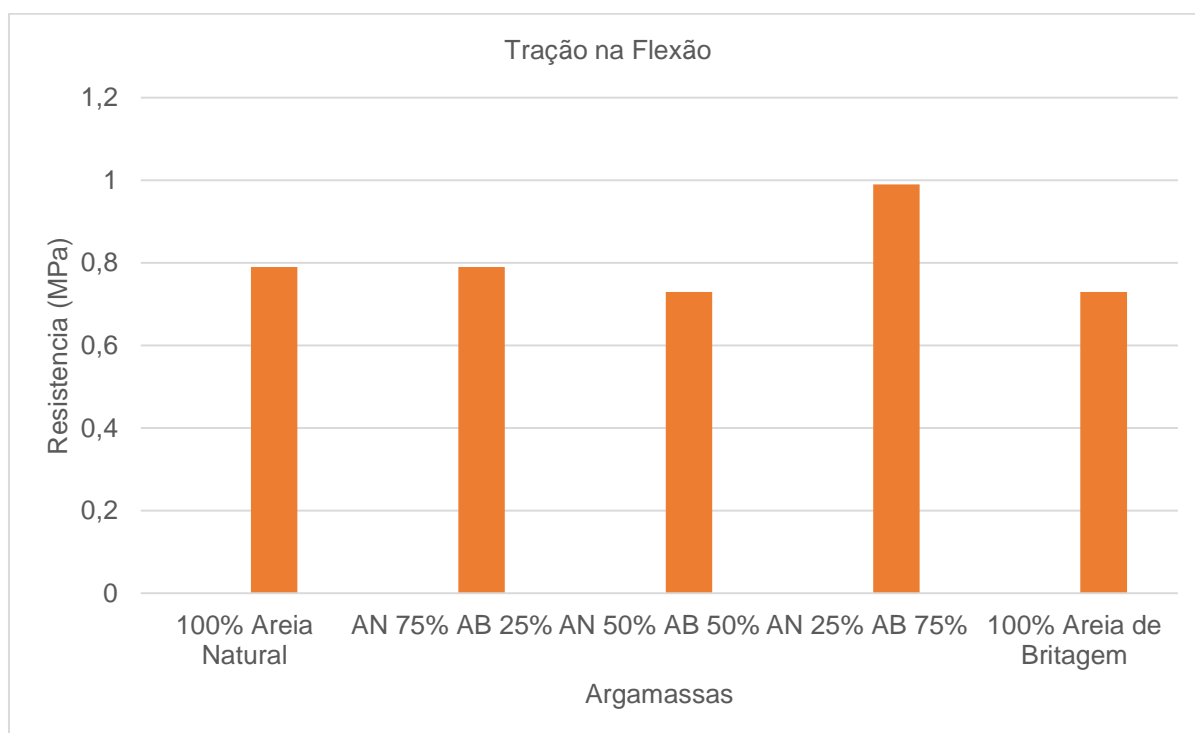
Os resultados obtidos com base no ensaio descrito acima, podem ser observados na Tabela 17:

Tabela 17 – Resistencia à tração na flexão

Argamassa	Resistencia na flexão (Mpa)	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	0,79	R1
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	0,79	R1
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	0,73	R1
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	0,99	R1
100% Areia de Britagem	0,73	R1

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 9 – Resistência da tração na flexão



Fonte: Do autor (2017).

4.3.4 Resistencia à compressão

O Gráfico 10 demonstra a variação da Resistência à compressão para as diferentes argamassas com suas respectivas proporções de areia natural e areia de britagem, sendo que atinge o maior valor de resistência na argamassa que possui 25% de areia natural e 75% de areia de britagem. Em relação à classificação conforme NBR 13281 (ABNT, 2005), podemos observar que as argamassas produzidas com suas respectivas substituições de agregados ficaram na faixa de classificação entre P2 e P3.

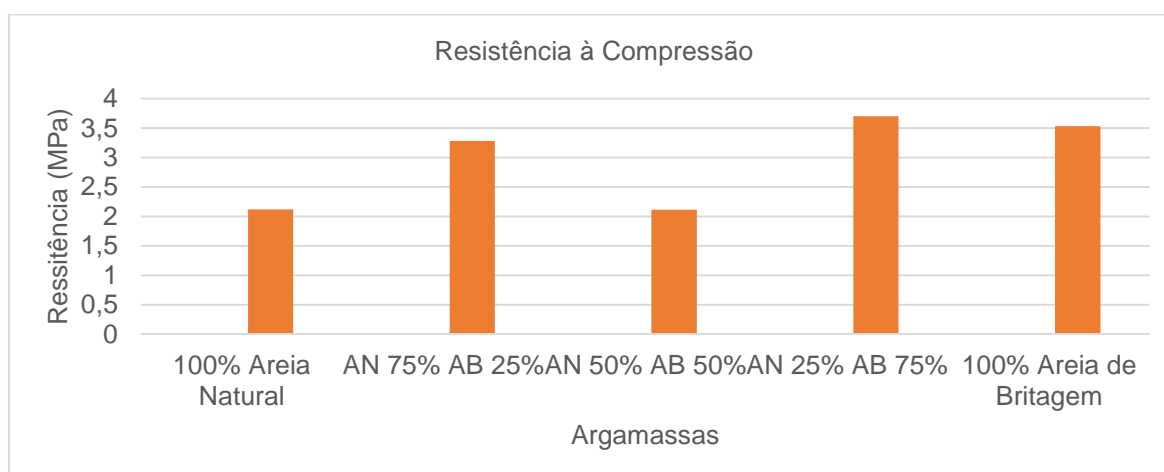
Os resultados obtidos com base no ensaio descrito acima, podem ser observados na Tabela 18:

Tabela 18 – Resistencia à compressão

Argamassa	Resistencia na compressão (Mpa)	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	2,12	P2
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	3,28	P3
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	2,11	P2
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	3,70	P3
100% Areia de Britagem	3,53	P3

Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 10 – Resistência à compressão



Fonte: Do autor (2017).

4.4 Comparativo do custo da argamassa

De acordo com a proposta desta pesquisa, os únicos materiais que variam nas amostras de argamassas produzidas são a areia natural e areia de britagem, desta forma o cimento e a cal hidráulica foram utilizadas as mesmas quantidades para todas as amostras. Podemos observar na Tabela 19 o consumo de materiais para a produção de um metro cúbico de argamassa e seus respectivo custo.

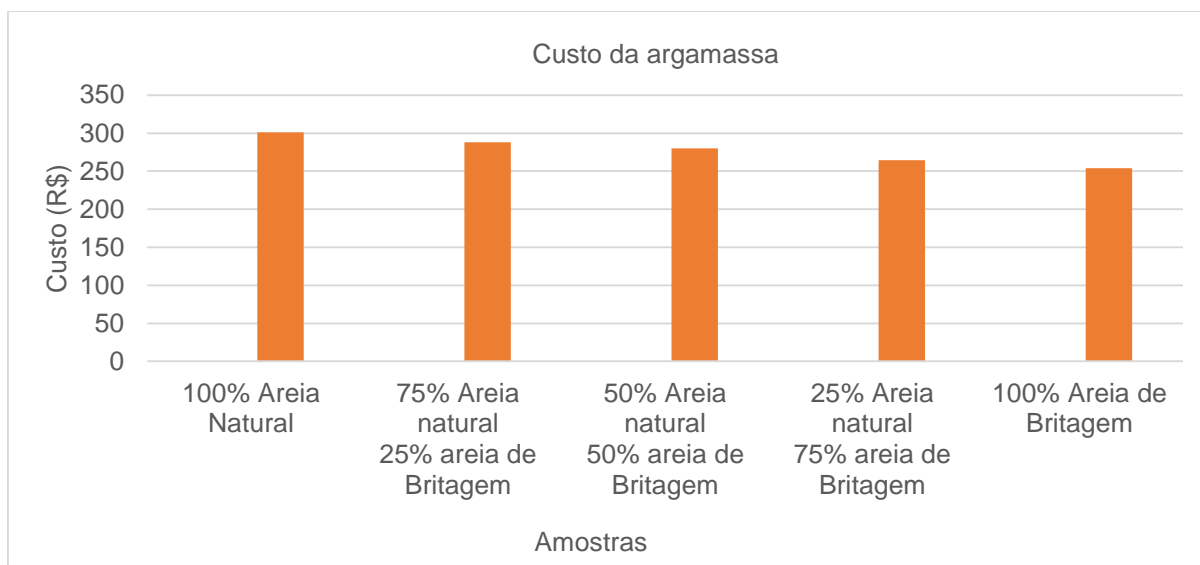
Tabela 19 – Consumo de materiais e custo da argamassa

Amostra	Cimento (Saco 50 kg)	Cal hidráulica (Saco 20 kg)	Areia natural (m³)	Areia de Britagem (m³)	Custo total
<i>100% Areia Natural</i>	3,20	8,29	0,949	0	R\$ 300,93
<i>75% Areia natural 25% areia de Britagem</i>	3,19	8,28	0,71	0,24	R\$ 287,97
<i>50% Areia natural 50% areia de Britagem</i>	3,25	8,42	0,48	0,48	R\$ 280,16
<i>25% Areia natural 75% areia de Britagem</i>	3,22	8,34	0,24	0,71	R\$ 264,62
<i>100% Areia de Britagem</i>	3,24	8,41	0,00	0,96	R\$ 254,12

Fonte: Do autor (2017).

De acordo com a Tabela 19 os valores de produção das argamassa referente aos materiais utilizados decresce conforme é feita a substituição entre a areia natural pela areia de britagem, notamos que o valor mais alto é referente a argamassa produzida somente com areia natural e em contrapartida o valor mais baixo é referente a argamassa produzida apenas com areia de britagem, no Gráfico 4, podemos verificar a evolução do custo da argamassa conforme é feita a substituição gradual dos agregados. Os valores considerados referem-se apenas aos materiais utilizados na produção da argamassa, o custo da mão-de-obra não está sendo considerado.

Gráfico 11 – Custo da argamassa



Fonte: Do autor (2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o objetivo de verificar a viabilidade técnica e economicamente a substituição da areia natural por areia de britagem em argamassa convencional feita em obra para assentamento de alvenarias para o município de Guaporé/RS.

5.1 Quanto aos agregados

A caracterização dos agregados, tanto para areia natural quanto para a areia de britagem apresentou resultados similares. Na granulometria, a areia natural apresentou menor módulo de finura e menor diâmetro máximo do agregado em relação à areia de britagem, este resultado deve-se ao fato de que a areia de britagem passa por um processo industrial de moagem da rocha sendo já previamente classificada por peneiras, onde não possui partículas de sólidos maior de que 4,75mm, máximo do agregado é que já a areia natural é apenas extraída do leitos de rios sem passar por nenhuma peneira.

A areia natural apresentou maior massa específica em comparação à areia de britagem, o mesmo ocorreu com a massa aparente tendo em vista a areia de britagem possui o índice que vazios maior do que a areia natural.

5.2 Quanto à argamassa

Com a argamassa em seu estado fresco podemos destacar a capacidade de retenção de água, que neste caso a amostra composta por 25% AN e 75% AB apresentou a maior valor em comparação com outras amostras, sendo quanto maior capacidade de retenção de água que a argamassa apresentar, a evaporação se torna mais lenta, ocorrendo simultaneamente com o ganho de resistência da argamassa, reduzindo a probabilidade de ocorrências de fissurações e aumentando a aderência ao substrato e evitando o deslocamento de argamassa no elemento da alvenaria.

Com a argamassa no estado endurecido observamos que o coeficiente de capilaridade para as argamassas produzidas e suas respectivas substituições de AN por AB, apresentou valores diferentes para cada amostra, sendo que os valores foram decrescendo em relação que a porcentagem de AB aumentava, notou que a amostra produzida por 25% AN e 75% AB apresentou menor coeficiente, resultando em uma argamassa com maior estanqueidade.

Na resistência à tração na flexão e na resistência à compressão a amostra produzida por 25% AN e 75% AB apresentou o maior valor para ambos os ensaios em relação às outras amostras produzidas.

5.3 Quanto à classificação da argamassa e viabilidade técnica

Para este estudo foram produzidas amostras de argamassas sendo feita a substituição gradual de AN por AB para cada amostra em 0, 25, 50, 75 e 100%.

Foram realizados os ensaios afim de classificar as argamassas produzidas com suas respectivas substituições, sendo que esta classificação é descrita pela NBR 13281/2005 de maneira que atendam aos requisitos exigíveis para argamassas utilizadas para assentamento de paredes. A Tabela 20 demonstra a classificação das argamassas produzidas através dos resultados dos ensaios realizados para cada uma.

Tabela 20 – Classificação da argamassa

Amostragem	Classificação NBR 13281:2005
100 % Areia Natural	P2, M5, R1, C1, D5, U3.
75% Areia Natural 25% Areia de Britagem	P3, M5, R1, C1, D5, U4.
50% Areia Natural 50% Areia de Britagem	P2, M5, R1, C1, D5, U4.
25% Areia Natural 75% Areia de Britagem	P3, M5, R1, C1, D5, U4.
100% Areia de Britagem	P3, M5, R1, C1, D5, U3.

Fonte: Do autor (2017).

Sendo feito esta classificação da argamassa, podemos apontar que todas as amostras produzidas e suas respectivas substituições atendem o requisitos exigíveis pela norma para este fim, sendo assim, a substituições da areia natural por areia de britagem se mostra tecnicamente viável.

5.4 Quanto à viabilidade econômica

A viabilidade econômica referente à substituição da areia natural por areia de britagem neste estudo leva em consideração a quantidade de material necessário para produzir um metro cubico de argamassa, sendo que os materiais considerados para produzir a argamassa são areia, cimento e cal hidráulica. Os preços dos materiais utilizados neste estudo são os praticados no município de Guaporé/RS pelos comércio e demais empresas do ramo.

A primeira amostra de argamassa produzida não houve nenhuma substituição, é composta 100% da areia natural que apresentou em um custo de R\$ 300,93 para produzir um metro cúbico de argamassa, sendo que este valor servirá de referência para comparar as demais amostras.

A amostra composta por 75% AN e 25% AB apresentou um custo de R\$ 287,97 para produzir um metro cúbico de argamassa, neste caso se compararmos com a amostra composta por 100% de AN, teríamos uma economia de aproximadamente 4,3 %.

A amostra composta por 50% AN e 50% AB apresentou um custo de R\$ 280,16 para produzir um metro cúbico de argamassa, neste caso se compararmos com a amostra composta por 100% de AN, teríamos uma economia de aproximadamente 7,0 %.

A amostra composta por 25% AN e 75% AB apresentou um custo de R\$ 264,62 para produzir um metro cúbico de argamassa, neste caso se compararmos com a amostra composta por 100% de AN, teríamos uma economia de aproximadamente 12,0 %.

A amostra composta por 100% AB apresentou um custo de R\$ 254,12 para produzir um metro cúbico de argamassa, neste caso se compararmos com a amostra composta por 100% de AN, teríamos uma economia de aproximadamente 15,5 %.

Fazendo análise entre os custos de produção da argamassa para as diferentes substituições, notamos que a troca da areia natural pela areia de britagem nos traz economia para a obra, visto que é possível reduzir em até 15% o seu custo de produção, sendo que o custo da mão de obra não está sendo considerado neste estudo, desta forma podemos considera-la viável economicamente.

REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7. ed. São Paulo: ABCP, 2002.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13280**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15259**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 5732**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 15259**: Argamassa para Assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa específica unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABRAMAT. Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção. **Perfil da Indústria de Materiais de Construção**. São Paulo: ABRAMAT, 2016.

ANEPAC. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção civil. O faturamento da indústria. **Revista areia e brita**, São Paulo, ed. 69, 20p., 2016a.

_____. Agregados. **Revista areia e brita**, São Paulo, ed. 66, 22p. 2016.b

FIORITO, Antonio J. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2010.

GUAPORÉ. Prefeitura Municipal. **A cidade**: História do município. 2017. Disponível em: <<http://www.guapore.rs.gov.br/?p=cidade>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ISHIKAWA, Paulo H. **Propriedades de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural**. 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

KULAIF, Y. **Areia de construção**. São Paulo: DNPM, 2013.

LANG, Cezar L. **Avaliação do uso de areia britada de origem basáltica lavada e não lavada para utilização em concreto à base de cimento Portland**. 2006. 143f. Dissertação (Mestrado Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

LELLES, Leandro Camillo de et al. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 439-444, 2005.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: Uma orientação aplicada. 4. ed. Porto Alegre. Bookman, 2006.

MEZZAROBBA, Orides; MONTEIRO, Cláudia Servilha. **Manual da metodologia da pesquisa do direito**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RECENA, F.A.P. **Conhecendo argamassa**. Porto Alegre: Edipucrs. 2007.

SERNA, H.A.; REZENDE, M.M. **Agregado para a construção civil**. São Paulo: DNPM, 2009.

SEQUEIRA A.; FRADE, D.; GONÇALVES, P. **Cal hidráulica – Um ligante para reabilitação**. Portugal, 2007.

SILVA, N.G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 190f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Resultados preliminares de dezembro de 2016**. Rio de Janeiro: SNIC, 2017.

TEIXEIRA, Wilson et al. **Decifrando a terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

_____. **Decifrando a terra**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2000.

TEODORO, Sabrina Bastos. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. 2013. 65f. Trabalho de Conclusão (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-AVALIA%C3%87%C3%83O-DO-USO-DA-AREIA-DE-BRITAGEM-NA-COMPOSI%C3%87%C3%83O-DO-.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2015.

VALVERDE, F.M. **Agregados para a construção civil**: Balanço mineral brasileiro. São Paulo: ANEPAC, 2001.

_____. Perspectivas para o setor de agregados. **Revista areia e brita**, São Paulo, ed. 69, 24p. 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Ensaio de Resistência à Compressão da argamassa com corpos de prova prismáticos (40mm x 40mm x 160 mm)

Argamassa	Idade (dias)	Área média (mm²)	Carga máxima de Ruptura (N)	Resistência à Compressão (Mpa)
100 % AN	28	1600,00	3813,06	2,38
		1600,00	3050,45	1,91
		1600,00	3304,66	2,07
75% AN 25% AB	28	1600,00	6016,17	3,76
		1600,00	5253,56	3,28
		1600,00	4490,94	2,81
50% AN 50% AB	28	1600,00	3471,13	2,17
		1600,00	4067,27	2,54
		1600,00	2626,78	1,64
25% AN 75% AB	28	1600,00	4575,68	2,86
		1600,00	6694,05	4,18
		1600,00	6524,58	4,08
100% AB	28	1600,00	4914,62	3,07
		1600,00	6100,90	3,81
		1600,00	5931,43	3,71

APÊNDICE B – Ensaio de Resistência à Tração na Flexão da argamassa com corpos de prova prismáticos (40mm x 40mm x 160 mm)

Argamassa	Idade (dias)	Área média (mm²)	Carga máxima de Ruptura (N)	Resistência à Compressão (Mpa)
100 % AN	28	1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79
75% AN 25% AB	28	1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79
50% AN 50% AB	28	1600,00	254,20	0,60
		1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79
25% AN 75% AB	28	1600,00	423,67	0,99
		1600,00	423,67	0,99
		1600,00	423,67	0,99
100% AB	28	1600,00	254,20	0,60
		1600,00	338,94	0,79
		1600,00	338,94	0,79



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09